



ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DO ESTADO DE ALAGOAS – ZAAL  
RELATÓRIO TÉCNICO FINAL DE USO E COBERTURA DAS TERRAS DO ESTADO DE  
ALAGOAS

AUTORES

LUCIANO JOSÉ DE OLIVEIRA ACCIOLY  
ADEMAR BARROS DA SILVA  
HÉLIO LEANDRO LOPES  
HILTON LUÍS FERRAZ DA SILVEIRA  
EDUARDO ALVES DA SILVA  
JULIANA ALVES DA SILVA  
EUDMAR DA SILVA ALVES  
ARNALDO A. de ALECRIM MENEZES

2008

# USO E COBERTURA DAS TERRAS DO ESTADO DE ALAGOAS

## 1. Introdução

O uso e a cobertura do solo respondem pelo impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente, constituindo informação indispensável para o planejamento de atividades relacionadas com o uso dos recursos naturais. Além desse aspecto, sua interpretação serve de base, também, para os estudos socioeconômicos. Pelo seu dinamismo, no espaço e no tempo, o uso e a cobertura do solo precisam ser avaliados em intervalos regulares, de forma a estabelecer cenários de impactos ambientais e socioeconômicos.

O Estado de Alagoas caracteriza-se pela grande diversidade de atividades, principalmente, ligadas ao setor agropecuário. Esta diversidade atribui-se, em parte, às diferentes condições climáticas que ocorrem no Estado. A cultura da cana-de-açúcar, que responde pelo segundo posto nacional na produção de açúcar e álcool, domina a paisagem da Zona da Mata, região caracterizada por altos índices pluviométricos. As regiões do Agreste e do Sertão, com clima semi-árido, são dominadas por pastagens (naturais e plantadas) usadas para pecuária de corte e, no caso, principalmente, das áreas serranas do Agreste, para a pecuária leiteira.

A distribuição espacial dos tipos de cobertura das terras tem sido avaliada com base na interpretação de imagens de satélite e/ou fotografias aéreas, normalmente auxiliadas por outros dados (mapas temáticos, avaliações de campo, etc.).

Embora longe de ser a tecnologia ideal, o sensoriamento remoto com base em imagens de satélite, por cobrir grandes áreas, pela diversidade de produtos disponíveis atendendo diversas escalas, por imagear uma mesma área a intervalos regulares, pela existência de séries históricas de imagens de alguns sensores, como, por exemplo, o Landsat TM e ETM+, é, com certeza, o único meio com viabilidade econômica para se mapear a cobertura das terras.

Os sensores remotos produzem imagens da cobertura das terras de um dado instante, sendo as inferências sobre os seus usos realizadas com auxílio, em muitos casos, de informações adicionais provenientes de outras fontes. Como exemplo, uma dada área de caatinga registrada por imagens de satélite pode estar sendo utilizada para a extração de lenha, pastagem nativa, turismo ecológico, etc.

Quando interpretadas em conjunto com outros dados de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), as imagens de satélites e seus produtos ganham importante reforço na identificação das classes de uso e cobertura.

O trabalho tem como objetivos apresentar e interpretar os mapas de uso e da cobertura das terras do Estado de Alagoas, na escala 1:100.000, com base na interpretação visual e na classificação automática de imagens de satélite.



## 2. Materiais de Trabalho e Metodologia

Este trabalho utilizou os conceitos básicos de terra, uso da terra e cobertura da terra de acordo com Bie et al. (1996). Segundo esses autores “*Terra é o segmento da superfície definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado da atividade do homem*”. “*Cobertura da terra é a vegetação (natural ou plantada), a água, o gelo, as superfícies não vegetadas (solo e rochas expostas) e outras superfícies similares ou edificações feitas pelo homem (prédios, rodovias, etc.), enquanto o Uso da terra representa uma série de operações conduzidas pelo homem com o objetivo de obter produtos e/ou benefícios por meio da exploração dos recursos naturais*”.

A opção utilizada neste trabalho, dentro da possibilidade de separação espectral das classes de cobertura, foi a da classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança. Ressalta-se que a aplicação de métodos automáticos de classificação com a utilização de imagens dos satélites escolhidos (Landsat e CBERS) apresenta várias dificuldades, algumas das quais não superáveis, com base apenas na aplicação desses métodos. Entre as dificuldades encontram-se aquelas inerentes às limitações impostas pelas características das imagens desses satélites e aquelas ligadas às características da área de estudo, no caso, o Estado de Alagoas.

Considerando que a análise das limitações relacionadas com os aspectos técnicos dos sensores utilizados, tais como calibração radiométrica, resolução espacial, resolução espectral, entre outras, estão fora do escopo deste trabalho, elas serão consideradas apenas em casos especiais como, por exemplo, os problemas encontrados com a classificação das imagens CBERS. Algumas características dos sensores são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Algumas características dos sensores utilizados no trabalho.

Satélite	Sensor	Faixa do Espectro	Resolução Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução Espacial (m)	Resolução Temporal (dias)	Faixa Imageada (km)
Landsat	TM (Landsat 5) ETM+ (Landsat 7)	PAN <sup>(2)</sup>	0,50 – 0,90	15	16	185
		Azul	0,45 – 0,52	30		
		Verde	0,52 – 0,60	30		
		Vermelho	0,63 – 0,69	30		
		Infravermelho próximo	0,76 – 0,90	30		
		Infravermelho médio	1,55 – 1,75	30		
		Infravermelho médio	2,03 – 2,35	30		
		Infravermelho termal	10,4 – 12,5	120 e 60 <sup>(3)</sup>		
CBERS	Câmara CCD	PAN	0,51 – 0,73	20	26	113
		Azul	0,45 – 0,52	20		
		Verde	0,52 – 0,59	20		
		Vermelho	0,63 – 0,69	20		
		Infravermelho próximo	0,77 – 0,89	20		

<sup>(2)</sup> Presente apenas no sensor ETM+

<sup>(3)</sup> Resolução da banda no sensor ETM+

Uma análise de possíveis fatores que influenciam os processos automáticos de classificação das imagens e que estão ligados às características dos vários ambientes encontrados no Estado de Alagoas, no entanto, se faz necessária. Desta forma, entre os fatores que dificultam a separabilidade de classes dentro de uma mesma cena estão:

- 1) Distribuição do clima influenciado pelas chuvas que aumentam na direção do litoral para o interior do Estado e com a altitude. Uma mesma cobertura pode ter a folhagem seca no Sertão e verde no Agreste ou nas regiões mais altas.
- 2) Estágio de crescimento das culturas. Cana recém plantada, cana soca, terra lavrada para o plantio da cana, etc. Coqueiral recém plantado, em produção, etc.

Os exemplos anteriores indicam que classes espectralmente diferentes podem representar uma mesma classe informativa. O uso da terra com a cana-de-açúcar é o mesmo quer o solo esteja lavrado e exposto quer esteja completamente coberto pela cana madura e pronta para colher. Da mesma forma, o uso da terra para o pastoreio com a cobertura de caatinga é o mesmo na época seca, quando a vegetação está desprovida de folhas, ou na época chuvosa quando a cobertura verde é completa. Nos dois casos não há interesse na separação dessas classes do ponto de vista do uso embora, as duas situações apresentem respostas espectrais diferentes.

Por outro lado, classes informativas podem não ser espectralmente separáveis como, por exemplo, corpos de água, como os açudes, podem ser confundidos com sombra de nuvens ou sombra topográfica.

Outro fator que dificulta a classificação é o número elevado de cenas (seis do sensor Landsat TM e ETM+ e sete do sensor CBERS<sup>1</sup>) que cobrem o Estado de Alagoas.

O fato de que, quase sempre, não é possível a seleção de cenas diferentes para um mesmo ano e que, mesmo para um dado ano, as cenas selecionadas são, também, na maioria dos casos, de épocas diferentes (por exemplo, estação chuvosa e seca), tudo isto adiciona novas fontes de erro e mais dificuldades ao processo de classificação automática.

A Tabela 2 apresenta as características das cenas utilizadas no trabalho. Na referida Tabela, a área considerada na classificação das imagens se refere à área da cena efetivamente utilizada, conforme apresentado na Figura 1.

Além das imagens mencionadas na Tabela 2, outros dados foram utilizados no trabalho (Tabela 3).

**Tabela 2. Cenas utilizadas e áreas utilizadas na classificação.**

---

<sup>1</sup> Sensor do satélite CBERS usado neste trabalho é a câmara CCD. Para fins deste trabalho e por conveniência passará a ser chamado de sensor CBERS.

Sensor	Cena (órbita/ponto)	Data	Área utilizada na classificação (km <sup>2</sup> )
ETM+	214/66	19/05/2002	84,66
TM	214/67	27/01/2005	1.940,73
ETM+	215/66	05/01/2003	3.356,79
ETM+	215/67	15/09/2002	10.282,78
ETM+	216/66	22/09/02	926,71
CBERS	146/110 e 146/111 (mosaico)	09/04/2007	11.205,06

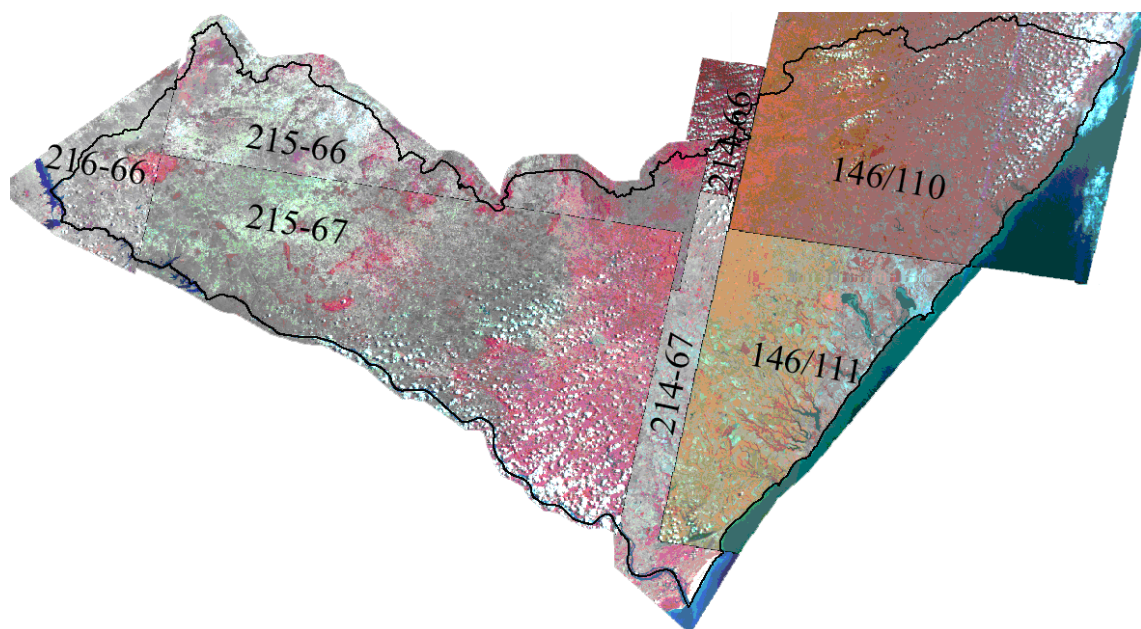


Figura 1. Mosaico das cenas utilizadas para a obtenção do mapa de uso e cobertura das terras do Estado de Alagoas. Composição colorida RGB, bandas 4, 3 e 2. Ver Tabela 2 para outras informações sobre cada cena.

As imagens de alta resolução presentes no software de domínio público Google Earth® foram utilizadas para a obtenção de amostras de treinamento e para a medição da acurácia dos mapas finais. Em muitos casos, foram associados, a essas imagens, fotografias e outros dados de campo, utilizando-se o software RoboGEO® e o módulo Epoint2GE.

Os dados de altitude gerados pelo Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 90 m, foram “ampliados” para a resolução de 30 e 20 metros, para compatibilizá-los com as resoluções espaciais das imagens Landsat e CBERS, respectivamente, utilizando-se a interpolação bicúbica (bicubic spline) presente no software ERDAS 8.7.

As estatísticas (estadual e municipal) sobre a área ocupada pelas principais culturas permanentes e temporárias, produzidas pelo IBGE, foram utilizadas como referência, principalmente, para auxiliar na avaliação da acurácia da classificação. Embora consideradas como “verdades”, que devem ser confrontadas com os resultados da classificação, não há detalhes sobre a distribuição espacial das atividades agropecuárias nas estatísticas do IBGE.

Tabela 3. Descrição dos dados adicionais utilizados no trabalho.

Dados	Fontes	Escalas	Formatos	Datas	Finalidade
Imagens de Alta resolução espacial	Google Earth	1:10.000	Raster	Diversas	Auxiliar na interpretação visual das classes de uso e cobertura e na avaliação da acurácia da classificação
Modelo digital de elevação gerado pelo SRTM	USGS <a href="http://edc.usgs.gov/srtm/">http://edc.usgs.gov/srtm/</a>	1:100.000 <sup>(1)</sup>	Raster	Dados obtidos em setembro de 2006	Avaliação da relação de ocorrência de algumas classes com a altitude e a declividade do terreno auxiliando na separação de classes não separáveis espectralmente.
Socioeconômicos	IBGE e Secretaria de Planejamento de Alagoas	Não se aplica	Tabular	2003	Auxiliar na definição de classes não separáveis espectralmente e na avaliação da acurácia da classificação
Folhas da cartografia básica	IBGE	1:100.000	Raster e Vetor	Variável entre 1971 e 1999 dependendo da folha	Auxiliar no registro das imagens; utilizado na obtenção da classe área urbana; obtenção de planos de informação, como rede de drenagem, rodovias, etc., presentes no mapa final
Precipitação pluviométrica	Postos meteorológicos locais	Não se aplica	Tabular	Variável	Auxiliar na separação de classes
Fotos digitais georreferenciadas	Dados de campo e arquivos	Não se aplica	Digital	Obtidas entre os anos 2005 e 2007	Auxiliar na seleção das amostras de treinamento e na avaliação da acurácia
Bibliográficos	Diversas	Diversas ou não se aplica	Analógico ou digital	Diversas	Obtenção das unidades da subclasse recursos minerais e interpretação dos resultados
Anotações de entrevistas diversas	Diversos profissionais de instituições públicas e privadas que atuam no Estado de Alagoas	Não se aplica	Analógico	2006 e 2007	Auxiliar na interpretação dos resultados da classificação automática e visual e na obtenção das amostras de treinamento para a classificação automática

Para o processamento desses dados foram utilizados os softwares apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Relação dos softwares utilizados no trabalho e finalidade.

Software	Empresa detentora dos direitos	Finalidade
ERDAS	Leica Geosystems	Processamento das imagens
ArcGis	ESRI	Digitalização de planos de informação auxiliares, registro de imagens, elaboração dos mapas finais.
GPS-Photo Link	GeoSpatial Experts	Georreferenciamento de fotos digitais
RoboGEO	RoboGEO	Conversão de formatos do Google Earth para GPX
Epoint2GE	Domínio Público	Transformar pontos georreferenciados em arquivos compatíveis com o Google Earth
Google Earth	Domínio Público	Auxiliar na interpretação visual das classes de uso e cobertura e na avaliação da acurácia da classificação

## 2.1. Metodologia

### Pré-processamento das imagens

Esta etapa envolveu o registro das cenas, a correção radiométrica, a elaboração dos mosaicos e a remoção das áreas vetorizadas em tela das imagens a serem classificadas.

Para o registro das cenas foram utilizadas, como referência, as cartas básicas (escala 1:100.000) do IBGE (Tabela 5). As imagens registradas foram reamostradas pelo método do vizinho mais próximo. O erro de registro variou entre 20 m e 50 m. Além do registro das imagens, o pré-processamento envolveu, também, a eliminação, por problemas de radiometria da banda 1, das cenas do sensor CBERS 146/110 e 146/111, o mosaico dessas mesmas cenas e o mosaico das cenas 215/66, 215/67 e 216/66 do sensor ETM+. Por se tratar de cenas com a mesma data de passagem (09/04/2007) o mosaico das cenas do sensor CBERS não apresenta restrições. Embora não seja tecnicamente recomendável, pelas diferenças nas datas de passagem, o mosaico das cenas do sensor ETM+ apresentou melhores resultados do que a junção da classificação individual de cada cena.

Tabela 5. Relação das folhas da cartografia básica que cobrem o Estado de Alagoas.

Nome	Código no mapa índice da DSG	Código na Nomenclatura Internacional	Área do Estado contida na Folha	
			km <sup>2</sup>	%
Poço da Cruz	MI-1444	SC-24-X-A-VI	245,23	0,88
Buíque	MI-1445	SC-24-X-B-IV	3,58	0,013
Garanhuns	MI-1447	SC-24-X-B-VI	112	0,41
Palmares	MI-1448	SC-25-V-A-IV	792	2,85
Sirinhaém	MI-1449	SC-25-V-A-V	553,83	2,00
Paulo Afonso	MI-1520	SC-24-X-O-II	610,57	2,20
Delmiro Gouveia	MI-1521	SC-24-X-C-III	2.895,1	10,41
Santana do Ipanema	MI-1522	SC-24-X-D-I	2.023	7,28
Bom Conselho	MI-1523	SC-24-X-D-II	1.194,19	4,30
União dos Palmares	MI-1524	SC-24-X-D-III	2.349	8,45
Rio Largo	MI-1525	SC-25-V-C-I	3.019	10,87
Porto Calvo	MI-1526	SC-25-V-C-II	823	2,96
Piranhas	MI-1596	SC-24-X-C-VI	811	2,91
Pão de Açúcar	MI-1597	SC-24-X-D-IV	2.188,39	7,88
Arapiraca	MI-1598	SC-24-X-D-V	3.027,95	10,89
São Miguel dos Campos	MI-1599	SC-24-X-D-VI	3.135	11,28
Maceió	MI-1600	SC-25-V-C-IV	1.193	4,30
Propriá	MI-1667	SC-24-Z-B-II	1.391	5,00
Piaçabuçu	MI-1668	SC-24-Z-B-III	1.623	5,84

Um outro procedimento comum, para os mosaicos e segmentos de imagens trabalhadas, foi remover as classes vetorizadas em tela. Assim, os polígonos vetorizados constituintes das unidades de mapeamento referentes às áreas urbanizadas, lavoura temporária com pequena agricultura, lavoura permanente com coco e cobertura florestal com mangue foram convertidos para o formato raster e a área equivalente removida da imagem por meio de uma máscara.

## 2.2. Processamento das imagens

### 2.2.1 Critérios para a seleção das classes usadas

A maior parte dos sistemas de classificação de uso e cobertura das terras para escalas de levantamentos exploratórios (1:50.000 a 1:750.000), com base em imagens de satélite, se fundamenta no trabalho de Anderson et al. (1979). É o caso do sistema proposto pelo IBGE (IBGE, 2006). Foram adotados, no presente trabalho, os níveis I e II (classe e subclasse<sup>2</sup>) do sistema IBGE e, como o sistema preconiza, o nível III foi definido por uma série de unidades representativas do uso e da cobertura do Estado de Alagoas. A Tabela 6 apresenta as classes e subclasses de ocorrência significativa no Estado de Alagoas e as unidades de mapeamento adotadas no trabalho. Embora o sistema sirva de balizamento para a definição das classes, é importante lembrar, que características fisionômicas locais podem possibilitar erros de interpretação na definição das classes, com base apenas em imagens de satélite, mesmo dentro do nível II (subclasse). Para esse nível de detalhe já são necessários dados complementares e observações de campo (IBGE, 2006).

A hierarquia das classes propostas pelo IBGE, suas definições gerais e como foram adotadas, no presente trabalho, são apresentadas a seguir.

#### a - Áreas antrópicas não agrícolas

As atividades antrópicas não agrícolas são representadas, no Estado, pelas áreas urbanizadas e por atividades mineradoras diversas. As áreas antrópicas não agrícolas foram incluídas a partir de dados secundários de diversas fontes.

##### a<sub>1</sub> - Áreas urbanizadas

Apresentam uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário (IBGE, 2006), predominando superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídas nessa classe as cidades, distritos, vilas, áreas de rodovias e estradas, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições diversas. Essas áreas podem ser contínuas, onde as áreas não lineares de vegetação são excepcionais, ou descontínuas, onde as áreas vegetadas ocupam superfícies mais significativas (IBGE, 2006).

##### a<sub>2</sub> - Área de extração e ocorrência de minerais

Atividade que inclui áreas de extração de substâncias minerais, como lavras, minas e lavra garimpeira ou garimpo. Esta classe inclui, também, os poços para a extração de água subterrânea. As informações sobre ocorrência de minerais estão de acordo com dados apresentados por Calheiros (1987).

Tabela 6. Classes e subclasses do sistema IBGE (níveis I e II) e unidades de mapeamento (nível III) relevantes no Estado de Alagoas.

Nível I	Nível II (Subclasse)	Nível III (Unidade)
---------	----------------------	---------------------

<sup>2</sup> Foi realizada uma alteração na subclasse do sistema “Extração mineral” que passou a ser chamada de “Extração e ocorrência de minerais”.

(Classe)		
Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Áreas Urbanizadas	Cidades
		Vilas
		Estradas
		Rodovias
	Extração e ocorrência de minerais	Extração e ocorrência de minerais diversos (petróleo e gás natural, calcário sedimentar, amianto, sal gema, turfa, águas subterrâneas, etc.)
Áreas Antrópicas Agrícolas	Lavoura Temporária	Cana-de-açúcar
		Pequena agricultura <sup>3</sup>
	Lavoura Permanente	Coco
	Pastagem	Pastagem
Áreas de Vegetação Natural	Florestal	Remanescente de Mata Atlântica
		Manguezal
		Caatinga densa
		Unidade de Conservação de Proteção Integral
		Unidade de Conservação de Uso Sustentável
	Campestre	Caatinga semi-densa e aberta
		Restingas
		Unidade de Conservação de Proteção Integral
		Unidade de Conservação de Uso Sustentável
Água	Corpos d'água continentais	Rios
		Lagoas
		Açudes
		Unidade de Conservação de Proteção Integral
		Unidade de Conservação de Uso Sustentável
	Corpos d'água costeiros	Águas costeiras (litoral)
		Unidade de Conservação de Proteção Integral
		Unidade de Conservação de Uso Sustentável

## b - Áreas antrópicas agrícolas

Segundo o IBGE (2006) a terra agrícola pode ser definida como a terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e outras commodities do agronegócio. Nesta definição, o IBGE inclui as áreas de lavouras temporárias, lavouras permanentes, pastagens plantadas e silvicultura, bem como, as terras em pousio e, em alguns casos, as áreas alagadas.

### b<sub>1</sub> - Lavoura temporária

Inclui as culturas com ciclo vegetativo curto (inferior a um ano) como feijão, milho, algodão, etc., e as culturas semi-permanentes como a cana-de-açúcar, a mandioca e forrageiras destinadas ao corte (IBGE, 2006). No Estado de Alagoas foram incluídas nessa categoria as seguintes unidades de mapeamento:

#### b<sub>1.1</sub> - Cana-de-açúcar (Figura 2)

Foram incluídas áreas em diferentes estágios de desenvolvimento, exceto áreas de solo exposto que estavam preparadas para o plantio ou recém colhidas. Embora para a maioria dos casos as áreas de solo exposto da mesorregião Leste Alagoano possam ser consideradas como áreas usadas no cultivo da cana, em função das diferenças espectrais, elas foram separadas.

#### b<sub>1.2</sub> - Pequena agricultura

Em função da dificuldade de separar, espectralmente, um elevado número de pequenas propriedades que apresentam uso diversificado com culturas, em diferentes estágios de desenvolvimento, optou-se pela inclusão de propriedades com menos de 100 ha em uma única

<sup>3</sup> A legenda dos mapas (anexados neste relatório) apresenta, também, as áreas de assentamento (Fonte: INCRA – AL).



classe, a da pequena agricultura. Nesta classe foram incluídas lavouras como fumo (Figura 3), milho, feijão, algodão, mandioca, inhame, etc. Nos mapas que acompanham este relatório estão representadas as áreas de pequena agricultura em assentamentos do INCRA (informações da Instituição no ano de 2006).



Figura 2. Cultivo de cana-de-açúcar em Tabuleiros Costeiros de Alagoas. Verifica-se o avanço da erosão nas bordas do Tabuleiro (Fonte: Google Earth, 2007).



Figura 3. Pequena agricultura com cultivo de fumo no município de Arapiraca, AL.



É importante salientar, ainda, que a ocupação das terras com a pequena agricultura representa um sistema onde convivem culturas alimentares (milho, feijão, mandioca) e/ou fibrosas com a pecuária extensiva (Figura 4). Pequenas áreas de pastos nativos e capineiras também são encontradas. Igualmente importante, principalmente na região da bacia leiteira do Estado, é a presença da palma forrageira plantada, normalmente, em áreas inferiores a 100 ha.

#### b<sub>2</sub> - Lavoura permanente

Compreende as culturas de ciclo longo que permitem colheitas sucessivas. Os dados utilizados permitiram apenas o mapeamento das áreas ocupadas com cultura do coco (Figura 5). Culturas permanentes como pinha e banana (relevantes em alguns municípios), normalmente, associadas à pequena agricultura, não foram mapeadas, em função da dificuldade (espectral e visual) de separá-las de outras culturas, nas imagens utilizadas.



Figura 4. Pequena agricultura na região do Sertão Alagoano.



Figura 5. Plantio de coco no município de Feliz Deserto (Fonte: Google Earth, 2008). Nota-se o erro na forma e no georreferenciamento entre o plano de informação de estradas (linha amarela) e o percurso real da AL-101 apresentado na imagem.

### b<sub>3</sub> - Pastagem

O IBGE (2006) conceitua apenas a classe pastagem plantada como áreas destinadas ao pastoreio do gado com base em gramíneas ou leguminosas forrageiras perenes com altura variando entre alguns decímetros a alguns metros. É comum, principalmente no Sertão, áreas com pastos nativos à base de gramíneas e outras plantas herbáceas e arbustivas. Estas áreas foram incluídas neste trabalho. A subclasse pastagem inclui todos os tipos de cobertura dominada por gramíneas utilizadas para o pastoreio, principalmente, de bovinos.

As pastagens (Figura 6) permanecem verde, pelo menos, 8 meses na mesorregião do Leste Alagoano e nas áreas mais úmidas do Agreste. Nestas áreas há, também, uma maior utilização de pastagens plantadas.





Figura 6. Pastagem em áreas úmidas ( $9^{\circ} 48' 07''$  S e  $36^{\circ} 16' 29''$ W) da mesorregião do Leste Alagoano.

Nas áreas mais secas do Agreste e do Sertão Alagoano, as pastagens secam durante o período seco (Figura 7), que pode chegar a sete meses no extremo oeste do Estado. Nestas áreas o pasto é, normalmente, constituído por espécies nativas.

#### c - Áreas de vegetação natural

Segundo o IBGE (2006), de acordo com o sistema de classificação adotado, a vegetação natural compreende um conjunto de estruturas florestal e campestre, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento, distribuídos por diferentes ambientes e situações geográficas.



Figura 7. Área representativa de pastagem nas áreas mais secas do Agreste e do Sertão Alagoano.

#### c<sub>1</sub> - Florestal

Esta subclasse do nível II do IBGE (Tabela 6) inclui as florestas ombrófilas densa e aberta, as florestas estacionais semidecidual e decidual, a savana estépica florestal (caatinga) e os manguezais arbóreos, todas do sistema proposto pelo IBGE (IBGE, 2006).

Neste trabalho foram consideradas relevantes para o Estado de Alagoas as seguintes unidades de mapeamento.

#### c<sub>1.1</sub> - Remanescente de Mata Atlântica

Foram incluídas nesta unidade as áreas de floresta ombrófila e de floresta estacional (Veloso, 2002) em diferentes estágios de desenvolvimento (Figura 8). Além disso, foram incluídas, também, as áreas de brejos interioranos e encaves florestais.



Figura 8. Área de remanescente de Mata Atlântica (em segundo plano) na zona da Mata de Alagoas (8°55'36" S e 35°45'25" W).

#### c<sub>1.2</sub> - Mangues

O conceito de mangue (Figuras 9 e 10), de acordo com Citron e Shaeffer-Novelli (1983), é o de um grupo de espécies de árvores e arbustos que possuem adaptações necessárias para a colonização de terrenos alagados e sujeitos à presença de água salgada. O IBGE adota apenas o manguezal arbóreo na subclasse florestal, definido como uma formação pioneira com influência fluviomarinha. As áreas de mangues não-arbóreos fazem parte da subclasse campestre (IBGE, 2006). Neste trabalho, no entanto, foram incluídos na unidade de mapeamento mangues, os manguezais arbóreos e não-arbóreos.

#### c<sub>1.3</sub> - Caatinga densa

Corresponde a áreas de vegetação hipoxerófila, conforme adotado nos levantamentos de solos dos Estados do Nordeste (Jacomine et al., 1975) ou de caatinga arbustivo-arbórea densa (Figura 11), como adotado por Costa et al. (2002). Em alguns casos assemelham-se às áreas de savana estépica florestada, enquanto, em outros, seria mais assemelhada às áreas de savana estépica



arborizada da classificação do IBGE (Veloso, 1991). No sistema de classificação usado pelo IBAMA (IBAMA, 1992; IBAMA, 1998) corresponderia à tipologia 4 (Sertão)



Figura 9. Área de mangue no município de Maragogi (Fonte: Google Earth, 2008). Nota-se a interferência antrópica na forma de viveiros de camarão (a). O ponto (b) mostra o local onde foi capturada a foto apresentada na Figura 10.





Figura 10. Detalhe do manguezal (ao fundo), cuja área é apresentada na Figura 9.



Figura 11. Caatinga densa nas proximidades da divisa com o Estado de Sergipe.



#### c<sub>1.4</sub> - Unidade de conservação de proteção integral

São áreas (Federais, Estaduais, Municipais) previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000) que têm como objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei. A mesma Lei define uso indireto como “aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais”.

#### c<sub>1.5</sub> - Unidade de conservação de uso sustentável

São áreas (Federais, Estaduais, Municipais) previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000) que têm como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais.

#### c<sub>2</sub> - Campestre

##### c<sub>2.1</sub> - Caatinga semi-densa e aberta

É a classe que mais se assemelha à savana estépica arborizada do sistema adotado pelo IBGE ou às caatingas arbustiva-arbórea aberta e arbustiva-arbórea semi-densa (Figura 12) dos trabalhos de Costa et al. (2002) ou às de tipologia 2 e 3 do sistema adotado pelo IBAMA (IBAMA, 1992; IBAMA, 1998).



Figura 12. Caatinga semi-densa.

As classes de unidade de mapeamento referentes à vegetação de caatinga, usadas pelo IBGE, no entanto, não foram adotadas neste estudo, tendo em vista que outras classificações como, por exemplo, a adotada pelo IBAMA (IBAMA, 1992; IBAMA,1998) apresentam numerosos trabalhos que relacionam o potencial lenheiro às classes do sistema (Costa et al., 2002; IBAMA, 1992).

c<sub>2.2</sub> - Restingas (Figura 13)

São comunidades vegetais que recebem influência direta das águas do mar (Veloso, 1991).

c<sub>2.3</sub> - Unidade de conservação de proteção integral (vide item c<sub>1.4</sub>)

c<sub>2.4</sub> - Unidade de conservação de uso sustentável (vide item c<sub>1.5</sub>)

#### d - Águas

Segundo IBGE (2006), esta classe inclui águas continentais e costeiras, como cursos de água e canais, corpos de água naturais e reservatórios artificiais, além de lagoas costeiras ou lagunas, estuários e baías. Neste trabalho foram utilizados dados secundários, provenientes de diversas fontes (Tabela 7), sendo consideradas as seguintes classes e unidades de mapeamento:

d<sub>1</sub> - Águas continentais

d<sub>1.1</sub> - Rios

d<sub>1.2</sub> - Açudes

d<sub>1.3</sub> - Lagoas

d<sub>1.4</sub> - Unidade de conservação de proteção integral (vide item c<sub>1.4</sub>)

d<sub>1.5</sub> - Unidade de conservação de uso sustentável (vide item c<sub>1.5</sub>)

d<sub>2</sub> - Corpos d'água costeiros

d<sub>2.1</sub> - Águas costeiras (litoral)

d<sub>2.2</sub> - Unidade de conservação de proteção integral (vide item c<sub>1.4</sub>)

d<sub>2.3</sub> - Unidade de conservação de uso sustentável (vide item c<sub>1.5</sub>)





Figura 13. Área de restinga no município de Piaçabuçu, na foz do Rio São Francisco (Fonte: Google Earth, 2008).

Além das classes anteriormente mencionadas, foram incluídas, nos mapas, as classes solo exposto (Figuras 14 e 15), nuvem e sombra de nuvem. As duas últimas, embora não informativas, são inevitáveis na classificação de imagens de satélite, onde essas feições estão presentes. À cobertura solo exposto está, normalmente, associado o uso do solo por lavouras diversas, principalmente as anuais, onde o solo fica, temporariamente, exposto, quer por estar lavrado quer pela colheita e secagem dos restos culturais. Dependendo da mesorregião considerada, é possível se associar a cultura utilizada pelas áreas de solo exposto. Desta forma, áreas de solo exposto na mesorregião do Leste Alagoano são, normalmente, utilizadas pela cultura da cana-de-açúcar (Figura 15). Já no Agreste e no Sertão, as áreas de solo exposto estão associadas às lavouras temporárias como milho, feijão, algodão, fumo, etc., em áreas de pequena agricultura. Por esta razão, embora não constituindo uma classe de uso no sistema adotado pelo IBGE (2005), a classe solo exposto foi incluída como uma subclasse (nível II do sistema adotado pelo IBGE, 2005) da classe áreas antrópicas agrícolas.



Figura 14. Solo exposto em área de pequena agricultura no estado de Alagoas.

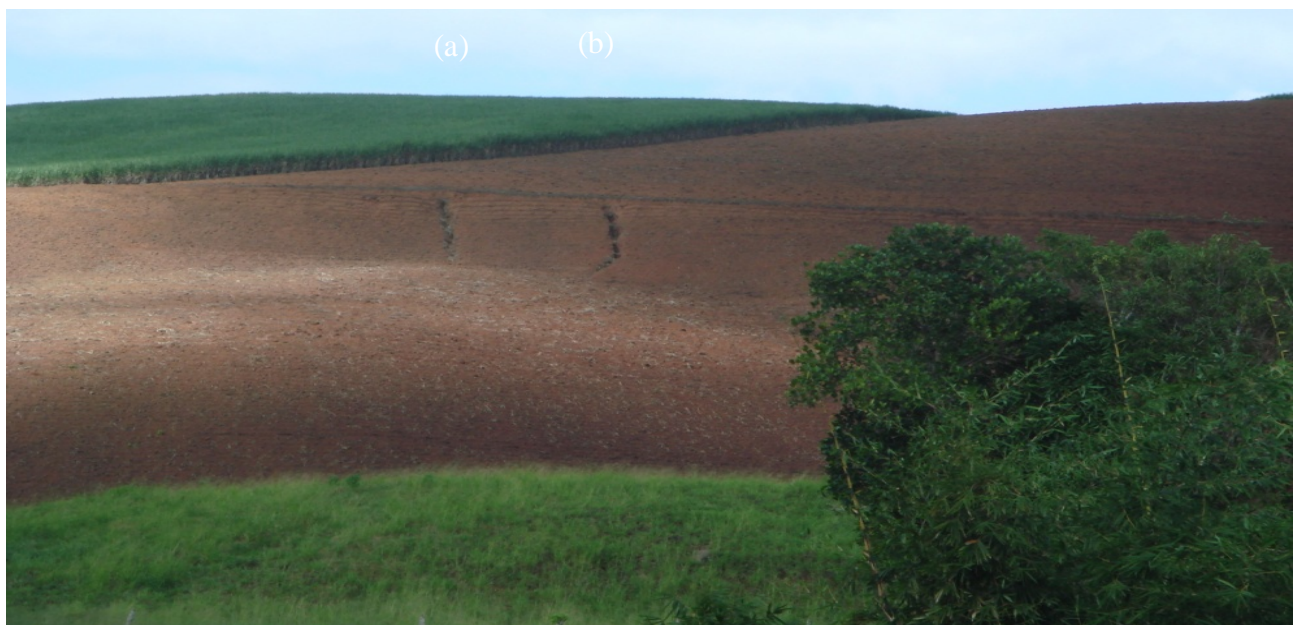


Figura 15. Solo exposto, em área de cana-de-açúcar, mostrando o início da formação de voçorocas (a) e (b) em relevo suave ondulado.

### 2.2.2 Classificação das imagens

A classificação das imagens foi realizada com base nos mosaicos das cenas 215/66, 215/67 e 216/66 do sensor Landsat 7 ETM+, 146/110 e 146/111 do sensor CBERS e nos recortes das cenas 214/66 e 214/67 dos sensores Landsat 7 ETM+ e Landsat 5 TM. Considerando, conforme já comentado, que nem sempre é possível uma correspondência unívoca entre classe espectral e classe

informativa (unidade de mapeamento), para os diversos níveis hierárquicos apresentados na Tabela 6, as unidades de mapeamento foram identificadas e separadas, também, no contexto da sua distribuição espacial, conforme procedimentos apresentados na Tabela 7.

Com relação ao processamento das imagens, vários testes foram conduzidos para a definição da melhor metodologia a ser utilizada em cada mosaico ou recorte de cena, conforme descritos nos itens seguintes. Algumas etapas, no entanto, foram comuns aos diferentes procedimentos. Assim, o método de decisão utilizado para agrupar as características espectrais de cada pixel, durante a classificação supervisionada, foi o da máxima verossimilhança (Jensen, 1996), e a separabilidade das classes foi avaliada pelo método da divergência transformada, que tem apresentado bons resultados quando comparado a outros métodos (Jansen, 1996). A acuracidade da classificação foi avaliada pela matriz de confusão com base em dados de campo. Por meio dessa matriz, foi calculado a acurácia geral, o coeficiente kappa, os erros de omissão e inclusão de cada classe, a acurácia do ponto de vista do usuário e a acurácia do ponto de vista do classificador. Para esta avaliação, cerca de 700 pontos foram levantados e fotografados no campo, com máquina digital acoplada a um GPS. Uma pequena parte dos pontos foi utilizada para auxiliar na obtenção das amostras de treinamento e a parte restante foi utilizada na avaliação do erro da classificação.

Tabela 7. Procedimentos utilizados na espacialização das unidades de mapeamento.

Unidade de mapeamento	Procedimento utilizado no mapeamento
Cidades, Vilas, Rodovias, Estradas, Rios, Açude, Lagoas	Vetorizadas em tela com base na interpretação visual de imagens e na cartografia básica
Petróleo e gás natural	Pontos digitalizados sobre os municípios produtores com base na publicação (Tenório et al., 2006)
Pequena agricultura (lavouras temporárias), Coco, Mangues e Restingas	Vetorizadas em tela com base na interpretação visual de imagens
Cana-de-açúcar, Pastagem, Remanescente de Mata Atlântica, Caatinga densa, Caatinga semi-densa e aberta, Solo Exposto, Águas Costeiras, Nuvem, Sombra de nuvem	Assinaturas espectrais
Águas subterrâneas (poços)	Dados digitalizados a partir do levantamento de poços realizado pela CPRM e disponíveis no site <a href="http://www.siangas.cprm.gov.br">www.siangas.cprm.gov.br</a>
Unidades de conservação	Dados de Menezes et al. (2004) e do Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (IMA) em 2006
Áreas de ocorrência de minerais diversos	Digitalizados e vetorizados a partir dos dados apresentados por Calheiros (1987)

Além disso, as imagens classificadas foram submetidas a filtro de passa baixa 7 x 7 com a finalidade de reduzir a aparência salpicada nos mapas finais (Figura 16). No entanto, para efeito de quantificação da área, de cada classe, foi considerada a área obtida com a classificação supervisionada original.

#### 2.2.2.1 Classificação do mosaico das cenas CBERS 146/110 e 146/111

À exceção de Marimbondo, todos os municípios presentes no mosaico das cenas CBERS 146/110 e 146/111 estão contidos integralmente ou parcialmente na mesorregião do Leste Alagoano. Com base nas principais coberturas que ocorrem nesta região, foram selecionadas as



seguintes unidades de mapeamento: cana-de-açúcar, pastagem, coco, remanescente de Mata Atlântica, mangues, solo exposto e água, além de nuvem e sombra de nuvem.

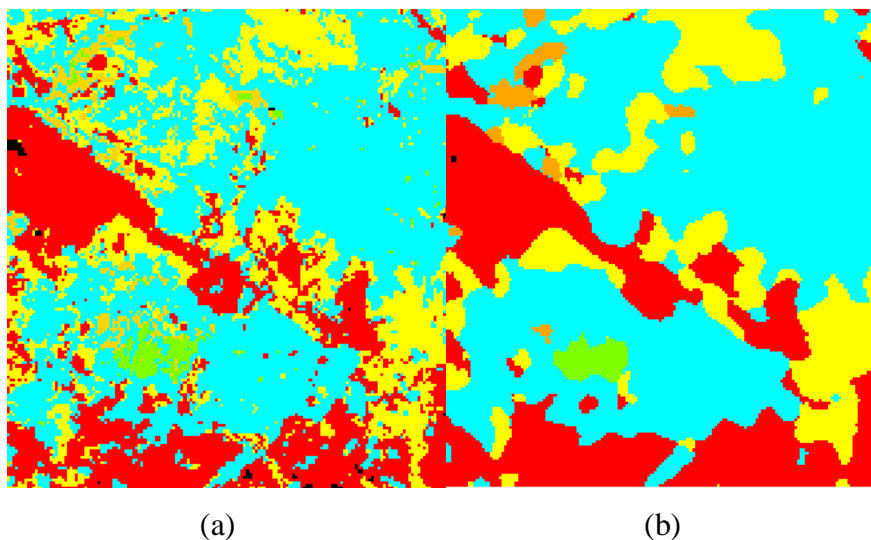


Figura 16. Efeito da aplicação de um filtro de passa baixa 7 x 7 em um trecho da classificação do mosaico das cenas Landsat ETM+. (a) Aparência das classes na classificação original. (b) Aparência das classes após filtragem.

Apesar de ser uma das raras imagens desta região com menos de 20% de cobertura de nuvem, as cenas deste sensor apresentam problemas radiométricos (CBERS FAQS, 2007), evidenciados pela presença de faixas longitudinais, que dificultam a classificação digital. Esses problemas ficaram mais evidentes nos resultados da classificação do mosaico quando se verificou que a presença das faixas foi realçada (Figura 17). Em função disso, foi feita a remoção da banda 1 e a classificação de cada uma das três faixas, apresentadas na Figura 17, foi feita separadamente, utilizando-se as bandas 2, 3 e 4, conforme recomendado por CBERS FAQS (2007). A classificação por faixas do mosaico produziu resultados considerados “satisfatórios” e foi adotada neste trabalho. Os valores de nível de cinza de cada uma das classes espectrais utilizadas na classificação de cada faixa são apresentados na Tabela 8. Devido ao confundimento encontrado com outras classes e à possibilidade de uma melhor separação por meio da análise de contexto espacial, as classes coco e mangue foram separadas por interpretação visual e vetorização em tela. Devido, também, às similaridades de comportamento espectral espera-se dificuldades na separação das classes pastagem e cana-de-açúcar nas faixas 1 e 2, onde estas duas classes apresentam ocorrências significativas (Tabela 8). As demais classes apresentaram dados espectrais que evidenciam maiores possibilidades de separação (Tabela 8).

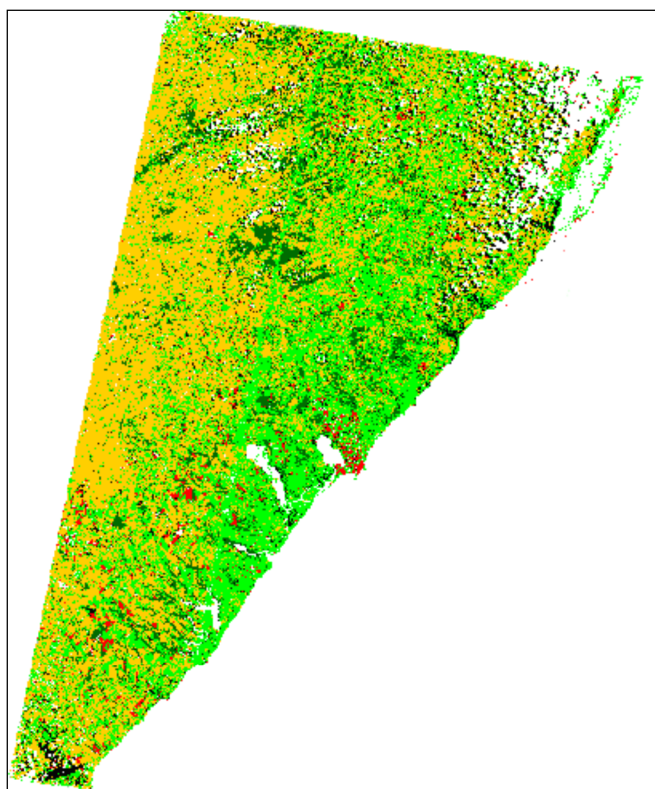


Figura 17. Faixas realçadas após a classificação do mosaico CBERS.

Tabela 8. Média dos níveis de cinza das amostras de treinamento de cada classe para cada uma das faixas do mosaico das cenas CBERS 146/110 e 146/111.

Classe	Faixa 1			Faixa 2			Faixa 3		
	B2	B3	B4	B2	B3	B4	B2	B3	B4
Cana-de-açúcar	74	41	157	75	40	148	82	47	151
Pastagem	78	44	166	74	40	170	-	-	-
Remanescente de mata Atlântica	58	32	156	55	30	145	63	35	138
Água	61	30	30	51	26	24	58	28	31
Solo Exposto	105	64	140	107	63	126	99	58	122
Nuvem	205	158	224	167	104	195	223	169	208
Sombra de Nuvem	55	34	98	54	32	94	75	46	105

#### 2.2.2.2 Classificação do mosaico das cenas Landsat 215/66, 215/67 e 216/66

O mosaico dessas cenas foi classificado em quatro etapas. Na primeira etapa, as classes nuvem e sombra de nuvem foram removidas da imagem a ser trabalhada por meio de uma máscara. Na segunda etapa, duas grandes áreas foram separadas com base nas características do vigor da vegetação verde. Estas duas áreas foram chamadas de área úmida e área seca. A maior parte da área úmida coincide, grosseiramente, com o contorno da mesorregião Agreste, enquanto grande parte da área seca está contida na mesorregião do Sertão Alagoano. As áreas úmida e seca constituíram duas grandes classes que foram utilizadas separadamente para a obtenção das classes informativas de interesse para este trabalho. Na terceira etapa, as imagens contendo as áreas “úmida” e “seca” foram classificadas individualmente. Na imagem da área “úmida” foram utilizadas amostras de

treinamento das seguintes classes: remanescente de Mata Atlântica, pastagem e caatinga densa. Na imagem da área “seca” as classes utilizadas para essas amostras foram: pastagem, caatinga semi-densa e aberta (constituindo uma única classe) e solo exposto. Na quarta etapa, as imagens classificadas das áreas “úmida” e “seca” foram juntadas usando a operação “overlay” do módulo “GIS Analysis” do software ERDAS 8.7.

#### 2.2.2.3 Classificação dos segmentos das cenas 214/66 e 214/67 dos sensores ETM+ e TM

Para completar a área do Estado de Alagoas foram necessários dois pequenos segmentos das cenas 214/66 e 214/67 dos sensores ETM+ e TM, respectivamente. Esses segmentos não foram mosaicados com os demais segmentos das outras cenas do sensor ETM+ devido: (1) dimensão pouco significativa da área da cena 214/66 dentro do Estado de Alagoas; (2) pouca confiabilidade no que diz respeito aos aspectos radiométricos dos dados gerados, na época, pelo sensor TM do satélite Landsat 5. A metodologia seguiu os mesmos passos anteriores: remoção das classes espectrais nuvem e sombra de nuvem por meio de uma máscara seguida da classificação. As classes informativas foram: cana-de-açúcar, pastagem, remanescente de mata Atlântica e água, para o segmento da cena 214/66, e cana-de-açúcar, pastagem, solo exposto, remanescente de mata Atlântica e água, para o segmento da cena 214/67.

### 3. Resultados e Discussão

A análise do processo de classificação das imagens revelou, na maioria dos casos, que a separabilidade das classes, pelo método da divergência transformada, foi adequada, atingindo valores superiores a 1800. Por esse método a separabilidade de classes varia de 0 (classes inseparáveis) a 2000 (classes totalmente separáveis). Para o caso das classes cana-de-açúcar e pastagem, obtidas a partir do mosaico das cenas do sensor CBERS, a separabilidade foi sempre inferior a 1000 indicando, portanto, baixa separabilidade dessas classes (Tabela 9). Como a separação dessas duas classes por meio da interpretação visual é, igualmente, difícil, foi decidido manter as duas classes no processo de classificação supervisionada.

Tabela 9. Exemplo de separabilidade das classes pelo critério da divergência transformada. Faixa 1 do mosaico de cenas CBERS<sup>4</sup>.

Classe	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Pastagem (1)	0	442	1980	2000	1998	1993	2000
Cana-de-açúcar (2)	442	0	1905	2000	1995	1966	2000

<sup>4</sup> Os números que encabeçam as colunas das Tabelas 9 a 11 representam o número (entre parênteses) da classe nomeada na primeira coluna.

Solo Exposto (3)	1980	1905	0	2000	1999	2000	2000
Nuvem (4)	2000	2000	2000	0	2000	2000	2000
Sombra (5)	1999	1995	1999	2000	0	1999	2000
Remanescente de mata Atlântica (6)	1993	1996	2000	2000	1999	0	2000
Água (7)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	0

Com relação ao mosaico das cenas Landsat 215/66, 215/67 e 216/66 a separabilidade das classes espectrais área “úmida” e área “seca” obtida na 2ª fase da classificação pela divergência transformada foi 1333. A separabilidade das demais classes em cada uma dessas regiões espectrais foi sempre superior a 1000, sendo, superior a 1800, na separação das classes caatinga densa de remanescente de mata Atlântica e destas com relação às áreas de pastagem.

A separabilidade das classes, utilizadas nos segmentos das cenas Landsat ETM+ 214/66 e Landsat TM 214/67, é apresentada nas Tabelas 10 e 11. Observa-se, na Tabela 11, que a separabilidade das classes pastagem e cana-de-açúcar, pela divergência transformada (1860), ao contrário das demais imagens classificadas provenientes tanto do sensor CBERS, quanto dos sensores ETM+, foi próximo ao valor ideal (2000).

Tabela 10. Separabilidade das classes do segmento da cena Landsat ETM+ 214/66.

Classe	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Remanescente de mata Atlântica (1)	0	1877	2000	1991	1783
Pastagem (2)	1877	0	2000	1998	466
Nuvem (3)	2000	2000	0	2000	2000
Sombra de nuvem (4)	1991	1998	2000	0	1999
Cana-de-açúcar (5)	1783	466	2000	1999	0

Tabela 11. Separabilidade das classes do segmento da cena Landsat TM 214/67.

Classe	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Cana-de-açúcar (1)	0	1860	2000	1980	2000	1999
Pastagem em área úmida (2)	1860	0	2000	1999	2000	1998
Remanescente de mata Atlântica (3)	2000	2000	0	2000	2000	2000
Solo Exposto (4)	1980	1999	2000	0	2000	2000
Nuvem (5)	2000	2000	2000	2000	0	2000
Sombra de nuvem (6)	1999	1998	2000	2000	2000	0

Tal fato pode ser justificado pela diferença na época de aquisição e pela presença de bandas na faixa espectral do infravermelho médio nos sensores TM e ETM+. A cena 214/66 foi obtida pelo sensor ETM+ durante a estação chuvosa (maio de 2002) enquanto que a cena 214/67 do sensor TM foi obtida em plena estação seca (janeiro de 2005). Na Figura 18, observa-se que as curvas espectrais das amostras de treinamento obtidas na imagem da época chuvosa, para classes pastagem e cana-de-açúcar, apresentam diferença mínima de resposta na banda 4 (centrada em 0,830  $\mu\text{m}$ ) e respostas, praticamente, idênticas nas demais bandas. As amostras de treinamento das mesmas classes obtidas a partir da imagem da estação seca mantêm pequenas diferenças nas respostas espectrais das bandas centradas no visível e infravermelho próximo, mas diferenças acentuadas nas bandas centradas no infravermelho de ondas curtas. As bandas centradas nesta faixa do espectro

eletro-magnético (bandas 5 e 7 dos sensores TM e ETM+) são sensíveis ao teor de umidade do solo e das plantas. Quanto maior o teor de umidade nas plantas menor a resposta espectral. Pastagem e cana-de-açúcar apresentam, provavelmente, teor de umidade comparável durante a estação chuvosa. Devido ao fato de que, na época seca, boa parte da cana, nesta região, ou está num estágio de desenvolvimento que exige irrigação ou em estágios onde o teor de umidade é maior do que o encontrado nas pastagens (Figura 19) é possível obter uma maior separabilidade dessas classes justificando, portanto, o alto valor apresentado na Tabela 11.

Lamentavelmente, o sensor CBERS não apresenta bandas no infravermelho de ondas curtas o que, em tese, dificultaria a separação dessas classes mesmo em imagens obtidas na época seca.

O número de pontos amostrados no campo foi suficiente para medir a acurácia da classificação apenas do mosaico das cenas Landsat ETM+. Na avaliação da acurácia foi incluída, também, a classe pequena agricultura, obtida a partir da digitalização em tela por interpretação visual de imagens do software de domínio público Google Earth®. A acurácia global deste mosaico foi de 92 % e o índice Kappa 0,90. Esses resultados indicam que o mapa gerado a partir do referido mosaico pela classificação supervisionada, utilizando o método MAXVER, apresenta padrão de acuracidade adequado para a escala de trabalho (1:100.000).

A Tabela 12 apresenta a acurácia do ponto de vista do usuário do mapa gerado pela classificação e do ponto de vista do classificador. Os percentuais para os dois tipos de acurácia são altos e, dentro de uma mesma classe, muito próximos entre si indicando um padrão adequado do mapa para qualquer tipo de avaliação.

A Tabela 13 apresenta a área e o percentual (tomando como base a área total do Estado - 2.727.273 ha) para cada nível da classificação, considerando apenas as classes antrópicas agrícolas e vegetação natural. Assumindo que a maior parte da área de solo exposto corresponde à terra preparada para o plantio ou recém colhida, as áreas antrópicas agrícolas e as áreas de vegetação natural correspondem a aproximadamente 93 % da área do Estado de Alagoas. O restante (7%) corresponde a área urbana (15.342 ha - cerca de 0,56 % do Estado), corpos de água (lagoas e açudes), nuvens e sombra de nuvens presentes nas imagens (aproximadamente 6 %).



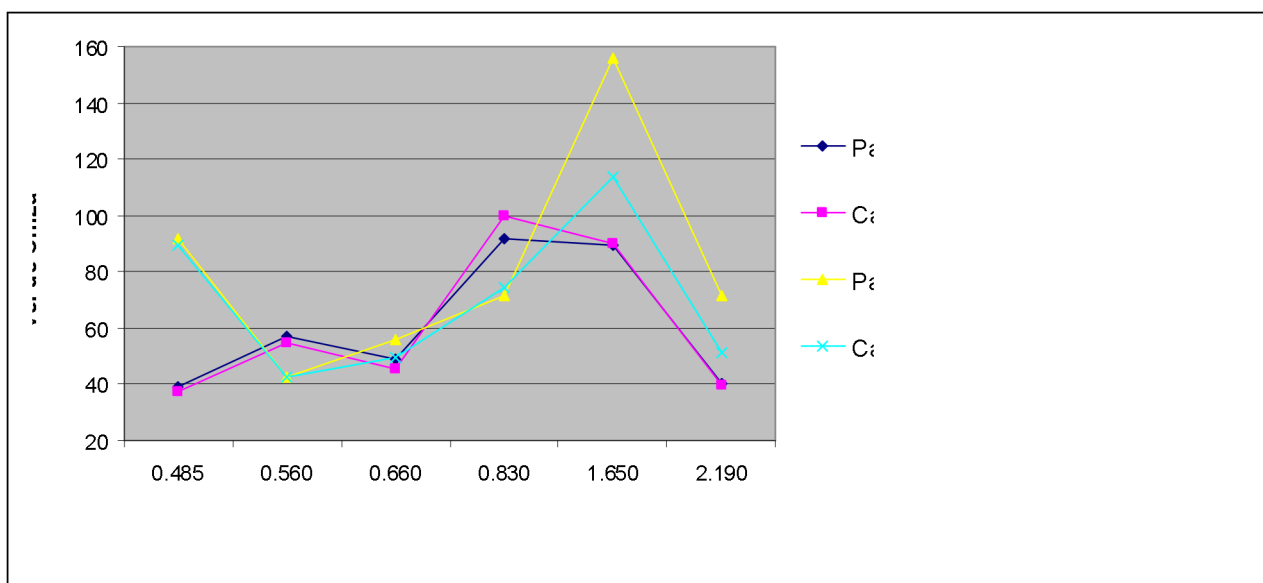


Figura 18. Média do nível de cinza para as bandas do Landsat TM e ETM+ para as amostras de treinamento de pastagem em área úmida e cana-de-açúcar.



Figura 19. Cobertura das terras em Limoeiro de Anadia - AL, pastagens em tonalidade amarelada (em primeiro plano, exceto nos baixios, cor verde) e cana-de-açúcar em tonalidade verde, ocupando as áreas de relevo menos acidentado (foto adquirida em 18 de novembro de 2007).

Tabela 12. Acurácia da Classificação do ponto de vista do usuário e do classificador para mosaico das cenas 215/66, 215/67 e 216/66 do sensor Landsat ETM+.

Classe	Acurácia do ponto de vista do usuário (%)	Acurácia do ponto de vista do classificador (%)
Pastagem	92	89

Pequena agricultura	93	95
Caatinga densa	100	85
Caatinga semi-densa e aberta	86	92
Solo Exposto	96	93

Tabela 13. Área e percentual (entre parênteses) por tipo de cobertura e uso das terras para os diferentes níveis de classificação no Estado de Alagoas.

Nível I (Classe)	Nível II (Subclasse)	Nível III (Unidade)
Áreas Antrópicas Agrícolas (1.926.981 ha, 70,65 %)	Lavoura Temporária (844.804 ha, 30,98 %)	Cana-de-açúcar (571.633 ha, 20,96 %)
		Pequena agricultura (273.171 ha, 10,02 %)
	Lavoura Permanente (20.147 ha, 0,74 %)	Coco (20.147 ha, 0,74 %)
	Pastagem (766.003 ha, 28,08 %)	Pastagem (766.003 ha, 28,08 %)
	Solo Exposto (296.027 ha, 10,85 %)	Solo Exposto (296.027 ha, 10,85 %)
Áreas de Vegetação Natural (614.392 ha, 22,52 %)	Florestal (247.294 ha, 9,07 %)	Remanescente de Mata Atlântica (118.840 ha, 4,36%)
		Manguezal (4.049 ha, 0,15%)
		Caatinga densa (124.405 ha, 4,56%)
	Campestre (356.902 ha, 13,45 %)	Caatinga semi-densa e aberta (356.902 ha, 13,09%)
		Restinga (10.196 ha, 0,36%)

Neste relatório, são apresentados e discutidos resultados originais e de alguns dados secundários, provenientes de pesquisa bibliográfica. Os dados secundários referem-se à classe “áreas antrópicas não agrícolas”, relacionados com a subclasse extração e ocorrência de minerais e, também, com as unidades de mapeamento - “unidade de conservação de proteção integral” e “unidade de conservação de uso sustentável” - das subclasses florestal e campestre (Tabela 6). As unidades de mapeamento da classe “água”, provenientes, também, de dados secundários, são apresentadas na legenda das folhas 1:100.000 (Anexos 1 a 19), mas não são comentadas.

O homem é responsável pela remoção de mais de 70% da cobertura natural das terras do Estado. As terras usadas para lavoura temporária, lavoura permanente, pastagem e as áreas de solo exposto, representam, aproximadamente, 31%, 1%, 28% e 11% das áreas antrópicas agrícolas (Tabela 13), respectivamente. Considerando que a unidade de mapeamento caatinga semi-densa e aberta é, na verdade, regeneração, em diversos estágios de crescimento, da vegetação de caatinga, pode-se inferir que mais da metade da vegetação natural existente tem sido intensamente explorada pelo homem. Com relação aos remanescentes de vegetação nativa os valores encontrados neste trabalho (22,52 % da área do Estado) são muito próximos daqueles citados por Virginio & Pareyn (2002) que é de 19 %. Esses números colocam Alagoas em penúltimo lugar em termos de proporção de remanescente de vegetação nativa, perdendo apenas para o Ceará, que em 2002 contabilizava apenas 16 % (Virginio & Pareyn, 2002).

A intervenção humana no Estado foi organizada pelo Governo em conjunto com o SEBRAE-AL por meio do Programa dos Arranjos Produtivos Locais (PAPL) (Souza, 2006). Esse programa priorizou os arranjos produtivos localizados em municípios com maior potencial de

desenvolvimento, com maiores índices de pobreza e desigualdade social, menores índices de renda per capita, baixos índices de desenvolvimento em termos de saúde e educação e com graves problemas de desenvolvimento econômico e social (SEPLAN, 2003 apud Souza, 2006) (Tabela 14).

Tabela 14. Atividades por setor e região incentivadas pelos arranjos produtivos locais (Souza, 2006).

Setor	PAPL/Atividade	Região
Agronegócio	Apicultura	Agreste, Litoral, Sertão, Xingo.
	Banana	Zona da Mata, Litoral Norte
	Floricultura tropical	Zona da Mata
	Fumo	Agreste
	Inhame	Zona da Mata
	Laranja	Zona da Mata
	Mandioca	Agreste
	Milho	Agreste
	Ovinocaprinocultura	Sertão
	Pinha	Agreste
	Piscicultura	Delta São Francisco e Xingo
Indústria	Confecções	Maceió e Arapiraca
	Laticínios	Sertão
	Mármore e Granito	Maceió
	Moveleiro	Agreste
	Plástico	Maceió
Serviços	Cultura	Maceió/Jaraguá
	Tecnologia da Informação	Maceió
	Turismo	Lagoas, Litoral Norte e Litoral Sul

### 3.1 Áreas antrópicas não agrícolas

#### 3.1.1 Áreas urbanizadas

As sedes municipais, os distritos e vilarejos do Estado de Alagoas cobrem uma superfície total de 15.342 ha, valor aproximado de 153 km<sup>2</sup>. A região metropolitana de Maceió (municípios de Maceió, Rio Largo, Marechal Deodoro, Pilar, Barra de São Miguel, Barra de Santo Antônio, Messias, Satuba, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte e Paripueira) ocupa mais de 50% da referida superfície. A segunda maior concentração de áreas urbanizadas encontra-se no município de Arapiraca.

As estradas de terra totalizam 14.151 km enquanto as rodovias (estradas asfaltadas) têm extensão aproximada de 2.353 km.

#### 3.1.2 Extração mineral

O Estado de Alagoas possui uma das maiores e mais puras reservas de gás natural do País, com um volume aproximado de 15 bilhões de m<sup>3</sup>. Os principais municípios produtores de petróleo são Coruripe e São Miguel dos Campos. Em 2005, esses dois municípios arrecadaram respectivamente, 14,5 milhões e 4,5 milhões de reais, o que corresponde a aproximadamente 97 % do valor em royalties, pagos pela Petrobrás, para os municípios produtores de petróleo do Estado (Tenório et al., 2006). Além do Petróleo, Alagoas dispõe também de importantes reservas de

calcário cristalino, dolomito, amianto, sal-gema, argila, cobre, ferro e água mineral (FIEA, op.cit, citado por Souza, 2006).

A Empresa de Recursos Naturais do Estado de Alagoas (EDRN, 1987) tinha cadastrado, no ano de 1987, 344 ocorrências minerais, sendo 30 minerais metálicos e 314 minerais não metálicos. Nos terrenos cristalinos do interior do Estado foram registradas pequenas ocorrências dos minerais metálicos: ferro, sulfeto de cobre e concentrações de rutilo. Entre os minerais não metálicos eram mineralizados, na época, na região do cristalino, o asbesto antofilítico (já tendo sido o maior produtor do Brasil), lentes de calcário e dolomitos cristalinos. Nas áreas sedimentares foram destacados extensos depósitos de salgema (evaporitos marinhos), calcário coquinóide e coralígeo, além de ocorrências de diatomitos e caulim. Na área energética, o Estado é rico em petróleo e apresenta, ainda, ocorrência de folhelhos betuminosos (oleígeno) e expressivos depósitos de turfa. Além disso, o Estado apresenta inúmeros depósitos de materiais aplicados na construção civil como areia, argila, cascalheira e rochas diversas para a produção de brita, pedra rachão e pedras ornamentais (EDRN, 1987).

Com relação ao amianto, o EDRN (EDRN, 1987) cadastrou a ocorrência deste mineral não metálico nos seguintes municípios: Batalha, Campo Grande, Jaramataia, Jirau do Ponciano, Traipu e São Brás.

Os principais depósitos de calcários cristalinos do Estado estão localizados, por ordem de prioridade nos municípios de Mata Grande (Serrote Surubim), Batalha, Belo Monte e Palmeira dos Índios (EDRN, 1987). As estimativas realizadas em 1987 (EDRN, 1987), do potencial de calcário para esses municípios, eram de 219 milhões de toneladas para serem lavrados a 20 m de profundidade.

Com relação às águas subterrâneas, a CPRM tem cadastrado, no Estado, 1420 poços no seu Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS) - <http://siagas.cprm.gov.br>. O referido sistema de informação apresenta, para alguns poços, os resultados de análise da qualidade da água, que podem ser aproveitados para a interpretação, parcial, para fins de consumo animal ou de irrigação.

### 3.2 Áreas antrópicas agrícolas

A participação da agropecuária no produto interno bruto do Estado de Alagoas sofreu uma redução de 55% entre os anos de 1985 e 2000, passando de 24,19% para 10,29% (SEPLAN-AL, 2006). Em 2002, Alagoas participou com apenas 2% da produção de lavouras permanentes e 11,79

% da lavoura temporária do Nordeste (SEPLAN-AL, 2006). A Zona da Mata participa com pouco mais de 96% da produção de lavouras permanentes e, em torno de 84% da produção de culturas temporárias. O setor agropecuário tem, também, grandes distorções com relação à distribuição fundiária. Os estabelecimentos rurais com menos de 100 ha, que correspondem a aproximadamente 96% das propriedades, detêm apenas 35% das terras. Por outro lado, 0,2% do total de propriedades possuem mais de 1.000 ha, ocupando 19% da área agrícola do Estado (SEPLAN-AL, 2006). As propriedades com mais de 1.000 ha são ocupadas principalmente pela cana-de-açúcar e pastagens. Segundo SEPLAN-AL (2006), as culturas de mandioca, milho, arroz e feijão, no Agreste e na região do baixo São Francisco, ocupam cerca de um terço do total de mão-de-obra no campo.

### 3.2.1 Culturas temporárias

#### 3.2.1.1 Cana-de-açúcar

Alagoas ocupa a segunda posição entre os estados produtores de cana-de-açúcar. A produção média de cana-de-açúcar nas safras de 2001, 2002 e 2003 foi de 22,4 milhões de toneladas. No mesmo período, a produção de açúcar atingiu 1,6 milhão de toneladas e 0,73 bilhão de litros de álcool. No Estado a cultura responde, aproximadamente, por 700 mil empregos (Silva, 2004).

A cultura da cana-de-açúcar em Alagoas tem suas bases na agricultura conhecida como “moderna”, ou seja, aquela onde estão presentes itens como: mecanização intensa e redução ao máximo de mão-de-obra, uso intensivo de produtos químicos (fertilizantes, herbicidas, fungicidas e inseticidas) e regime agrícola de monocultura com concentração de capital e recursos físicos (Ehlers, 1999). Segundo o IBGE (2004), o consumo de fertilizantes, herbicidas, fungicidas e inseticidas, na lavoura da cana-de-açúcar, é da ordem de 118,25 kg/ha, 1,76 kg/ha, 0,05 kg/ha e 0,006 kg/ha, respectivamente, o que torna Alagoas, proporcionalmente, o maior consumidor desses produtos entre os Estados do Nordeste.

Com relação ao processamento da cana-de-açúcar, Alagoas possui 23 usinas das quais 18 possuem destilarias anexas e cinco contam com destilarias autônomas. Segundo dados do Sindicato da Indústria do Açúcar do Estado de Alagoas (SIAAAL), na safra 2003/2004, Alagoas produziu cerca de 32 milhões de sacos de açúcar do tipo demerara, 14 milhões de sacos do tipo cristal e três milhões de sacos do tipo refinado granulado. Segundo esta fonte, na mesma safra a produção total de álcool foi de 703.284 m<sup>3</sup>, sendo 265.571 m<sup>3</sup> do tipo anidro e 437.713 m<sup>3</sup> do tipo hidratado. A produção de açúcar e álcool responde por 85% das exportações do Estado e representou em 2005 cerca de 485 milhões de dólares (Ministério da Indústria e Comércio apud Souza, 2006).

A área de cana-de-açúcar do Estado de Alagoas tem sido avaliada por diversos autores. O IBGE estimou, em 2005, que a área plantada foi de 406.788 ha. Para esse mesmo ano, Epiphany et

al. (2005) estimaram em 462.498 ha. Já a Secretaria de Desenvolvimento de Alagoas apontava uma área de 540.000 ha (SEPLAN, 2006). No presente trabalho, a área de cana-de-açúcar foi estimada em 571.633 ha. O valor encontrado, no entanto, pode ser questionado por conta da separabilidade das classes cana-de-açúcar e pastagem (Tabelas 9 e 10) motivada pelo fato da imagem ser da época chuvosa (caso do segmento de cena 214-66) ou por não possuir bandas no infravermelho médio (caso do mosaico de cenas CBERS).

### 3.2.1.2 Pequena Agricultura Temporária

Exceto para o caso da cana-de-açúcar, as demais lavouras temporárias cultivadas estão, quase sempre, associadas à pequena agricultura que é praticada de forma mais intensa nas mesorregiões do Agreste e do Sertão Alagoano.

A característica da pequena agricultura é a da policultura associada à pequena exploração animal. Após a colheita (milho, feijão, algodão, etc.) o gado aproveita o restolho. Quando possível e, principalmente, nas vazantes dos rios e açudes, a pequena agricultura é explorada na estação seca. Nessas áreas, também, é comum a exploração de capineiras para a alimentação animal. Esse sistema inclui, em algumas áreas, o cultivo da palma forrageira.

O censo agropecuário de 1996 estimou, para Alagoas, uma área de 780.820 ha com lavouras temporárias. No entanto, a área colhida foi 658.474 ha, dos quais, 367.471 ha sendo com cana-de-açúcar. Para o ano 2005, a estimativa de área plantada com lavouras temporárias foi de 627.768 ha, dos quais, 406.788 ha representava área de cana. Desta forma, a área estimada das demais culturas temporárias foi de 220.980 ha, valor inferior ao encontrado neste trabalho, que foi 273.171 ha. A Tabela 15 apresenta a estimativa da área plantada em 2005 (IBGE, 2005) para as principais lavouras temporárias do Estado de Alagoas.

Tabela 15. Estimativa da área plantada com lavouras temporárias em 2005.

Lavoura	Área (ha)	Percentual
Cana-de-açúcar	406.788	64,80
Feijão (em grãos)	92.971	14,81
Milho (em grãos)	76.590	12,20
Mandioca	20.569	3,28
Algodão herbáceo (em caroço)	12.946	2,06
Fumo (em folha)	10.700	1,70
Arroz (em casca)	3.293	0,52

Verifica-se, na Tabela 15, que as principais lavouras temporárias são feijão, milho, mandioca, algodão e fumo. Com exceção do fumo, o sistema de produção utilizado pelos pequenos agricultores desse Estado é semelhante ao praticado em outros estados do Nordeste. Portanto, serão feitas algumas considerações apenas para a cultura do fumo.

O fumo (*Nicotiana tabacum* L.) no Estado de Alagoas é, tipicamente, cultivado em minifúndios (Oliveira, 2005) em sistema de policultura onde, além desta cultura, são cultivadas a

mandioca, o algodão, o feijão de corda e o milho. Segundo Oliveira (2005), a área cultivada em 2001 era de, aproximadamente, 140.143 ha distribuídos entre 26.828 estabelecimentos, com uma média de, aproximadamente, 5 ha por propriedade. Esse número, no entanto, contrasta fortemente com informação do IBGE, que indica uma área plantada de 13.348 ha para aquele ano. Com relação ao censo agropecuário de 1996, o IBGE estima como 27.716 ha a área colhida com esta cultura. De acordo com informações obtidas com técnicos do escritório regional da Secretaria de Agricultura do Estado de Alagoas, a área de cultivo de fumo nesta região, no ano de 2007, foi estimada entre 15.000 e 20.000 ha. As folhas dessa cultura são utilizadas para a produção do fumo em rolo que apresenta, normalmente, preços mais variáveis do que aqueles obtidos quando o produto se destina à indústria.

A região fumageira de Arapiraca é composta pelos seguintes municípios: Arapiraca, Coité do Nóia, Craíbas, Feira Grande, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa, Limoeiro de Anadia e Taquarana, compondo uma área de, aproximadamente, 2.000 km<sup>2</sup> ou 200.000 ha (Oliveira, 2005).

### 3.2.2 Lavouras permanentes

De um modo geral, com exceção do coco, o cultivo de lavouras permanentes não é uma atividade relevante em termos econômicos e de área para o Estado de Alagoas. Segundo o IBGE, em 2005, a área total estimada de lavouras permanentes foi de 23.144 ha, distribuídos entre as principais culturas apresentadas na Tabela 16. Os pequenos agricultores espalhados por todos os municípios são responsáveis pela maior parte da produção das lavouras permanentes. A exceção, também, da cultura do coco, cuja distribuição geográfica se concentra no litoral alagoano, as demais culturas permanentes estão espalhadas no interior do Estado, o que dificulta o seu mapeamento. Neste trabalho, apenas a cultura do coco foi identificada e mapeada. Para esta cultura foi encontrada uma área de, aproximadamente, 20.000 ha, contra os 13.163 ha estimados pelo IBGE (2005).

Tabela 16. Área plantada das principais lavouras permanentes (IBGE, 2005).

Lavoura Permanente	Área (ha)	Percentual
Côco-da-baía	13.163	56,87
Banana	4.085	17,65
Laranja	3.945	17,05
Manga	969	4,19
Pinha *	815	5,68
Maracujá	566	2,45

\* Censo agropecuário de 1996

Embora com menor importância econômica para o Estado, as demais culturas, listadas na Tabela 16, apresentam importância social e econômica para os pequenos produtores que as cultivam. O destaque deve ser dado para as culturas da pinha e da banana.

A banana é a segunda cultura perene de destaque no Estado. Apesar disso, 30 % da banana consumida em Alagoas provem de outros estados. Os principais municípios produtores de banana são: Maragogi, União dos Palmares, Santana do Ipanema, Porto Calvo, Ibateguara e Novo Lino que produzem principalmente as variedades pacovan, prata e prata-anã. No caso da pinha, a produção (90%) está concentrada nos municípios de Palmeira dos Índios, Estrela de Alagoas e Igaci (Santiago et al., 2004). O plantio é feito por pequenos produtores que, normalmente, possuem uma área inferior a 1 ha. Segundo informações da Secretaria de Agricultura cerca de 1.700 agricultores produzem pinha nos municípios citados.

### 3.3 Pastagens

A área total de pastagens encontrada neste trabalho foi 766.003 ha (Tabela 13). O censo agropecuário de 1996 (IBGE, 1996) encontrou uma área total de 862.434 ha, sendo 489.864 ha de pastagens naturais e 372.570 ha de pastagens plantadas. As classes adotadas pelo IBGE, no entanto, são de difícil adoção na classificação digital de imagens, devido a semelhança espectral entre pastagens naturais e pastagens nativas. No entanto, a opinião de técnicos da extensão e de profissionais da área de pastagem é a de que a maior parte do pasto cultivado está nas áreas mais úmidas. Desta forma, podemos inferir que, praticamente, toda pastagem da mesorregião do Leste Alagoano e parte das pastagens do Agreste são cultivadas. Na região do Sertão Alagoano a maior parte das pastagens é de pasto nativo. Segundo Sampaio (2002), apenas 26% da área de pastagem do semi-árido Alagoano é ocupada por pastagem plantada. Entre as variedades cultivadas e/ou invasoras estão o capim pangola (*Digitaria decumbens*) e braquiária (*Brachiaria decumbens*), cultivados nas encostas e colônias ou sempre-verde (*Panicum maximum*) cultivado nas partes altas das terras do Leste Alagoano e do Agreste e o capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) nas áreas secas do Sertão.

O Estado de Alagoas conta com uma das maiores bacias leiteiras do Nordeste, cujo rebanho apresenta excelente padrão genético, contribuindo para o alcance de elevados índices de produtividade (FIEA, 2003, apud SOUZA, 2006). Os municípios de Batalha, Belo Monte, Cacimbinhas, Dois Riachos, Estrela de Alagoas, Igaci, Jacaré dos Homens, Jaramataia, Major Isidoro, Minador do Negrão, Monteirópolis, Olho D'água das Flores, Olivença, Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar, Santana do Ipanema e São José da Tapera que juntos somam 5.053 km<sup>2</sup> de área compõem esta bacia (BNB, 2007). Esta bacia tem um rebanho estimado em 30.000 cabeças de origem mista, holandesa e gir que produz cerca de 250 mil litros de leite por dia e gera,



aproximadamente, 25.000 empregos diretos. A produtividade média do rebanho é de 8 litros/vaca/dia sendo mais de o dobro da média nacional. Nesta região além da cobertura de pastagem são freqüentes as áreas de cultivo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) (BNB, 2007).

Com o desenvolvimento tecnológico da agroindústria, o gênero dos laticínios, passou a figurar como um dos agregados produtivos mais importantes de Alagoas. Novas áreas de concentração leiteira surgiram na Zona da Mata e no Agreste do Estado, a partir da atividade industrial de beneficiamento do leite nos municípios de União dos Palmares, Viçosa e Palmeira dos Índios.

### 3. Áreas de vegetação natural

#### 3.1. Florestal

As formações florestais abrangem 247.294 ha (cerca de 9% da área Estadual), compreendendo 4,36% (118.840 ha) de remanescente de mata Atlântica, 0,15% (4.049 ha) de manguezais e 4,56% (124.405 ha) de caatinga densa (Tabela 13).

A proporção de áreas de vegetação natural destinada a reservas, da ordem de 0,10%, é a segunda pior entre os Estados do Nordeste, o Estado do Piauí ocupa o primeiro lugar entre os piores (0,03%).

##### 3.1.1. Remanescente de mata Atlântica

A área de mata Atlântica mapeada ocupa 118.840 ha (4,36% do Estado). Este percentual assemelha-se ao encontrado por Menezes et al. (2004) que foi de 4,5% da área do Estado.

Correia (2003), trabalhando na escala 1:50.000, representou o ecossistema mata Atlântica dos municípios do litoral de Alagoas com base em unidades geomorfológicas, dividindo-a em três classes: Mata Atlântica de Tabuleiro, Mata Atlântica de Encosta e Mata Atlântica ciliar. Esta divisão de classes, no entanto, não foi adotada neste trabalho. A escala 1:100.000 dificulta a separação das matas ciliares das demais coberturas de vegetação, principalmente nas áreas onde foram utilizadas imagens do sensor Landsat TM e Landsat ETM+.

Trabalhando em apenas um município (Jequiá da Praia), Silva et al. (2008) encontraram que a cobertura de mata Atlântica, que era de aproximadamente 12.100 ha em 1968, foi reduzida para 5.120 ha em 2007, ou seja, uma perda de 58 %. É provável que os municípios do Leste Alagoano tenham sofrido perdas semelhantes neste período, motivadas, principalmente, pela expansão do cultivo da cana-de-açúcar em função dos incentivos de programas governamentais como, por exemplo, o PROÁLCOOL.

### 3.1.2 Manguezal

Com uma área de 4.049 ha, os manguezais representam apenas 0,15% da superfície do Estado de Alagoas (Tabela 13). Apesar de serem considerados áreas de preservação permanente (Brasil/CONAMA, 2002), os manguezais têm sofrido os impactos de atividades diversas, entre elas a carcinicultura (Figuras 9 e 20).

Os mangues caracterizam-se pela alta produtividade pesqueira de crustáceos. Desta forma, apresentam potencial para exploração socioeconômica de moluscos como o sururu (*Mytella charruana*) e ostras (*Crassostrea rhizophorae*), crustáceos como os siris (*Callinectes spp*), caranguejos (*Cardisoma guanhumi*, *Goniopsis cruentata*), lagostas (*Panulirus spp*) e várias espécies de peixes (Correia, 2003). Em vários locais do mundo os mangues são manejados para a proteção da costa, produção de carvão, produtos pesqueiros diversos e produção de algas para a indústria alimentícia e química (Silva et al., 2006). Estudos realizados em Pernambuco por Melo (1991) estimou a média entre 2.500 e 3.100 árvores com diâmetro igual ou superior a 3 cm por hectare de mangue. A média do volume de lenha ficou entre 90 e 131 m<sup>3</sup>/ha.



Figura 20. Viveiros de camarão em área de mangue do município de Coruripe, AL.

### 3.1.3. Caatinga densa

A área de caatinga densa encontrada neste estudo foi de 124.405 ha, cerca de 4,56% do Estado (Tabela 13). Área equivalente às de remanescentes de mata Atlântica indicando que, tal qual este bioma, a caatinga, na sua forma original, encontra-se, também, em vias de extinção. Assim como nos demais Estados do Nordeste semi-árido, em Alagoas esta tipologia de caatinga ocupa as áreas mais inacessíveis à ação do homem, como as serras com predomínio de relevo montanhoso e escarpado com solos da classe Neossolos Litólicos (antigos solos Litólicos) (Figura 21).



Figura 21. Serras de relevo acidentado cobertas por caatinga densa nas proximidades do município de São José da Tapera. (a) Serra da Taborda, (b) morro da Capela, (c) Serra do Pilão. Fonte: Google Earth, 2008. Detalhes deste tipo de cobertura vegetal podem ser vistos na Figura 11.

Uma das vantagens da identificação das tipologias de caatinga é a possibilidade de se estimar a sua utilização como fonte de lenha. Desta forma, uma estimativa do estoque de lenha para a área de caatinga densa pode ser feita com base no trabalho de Sá (1998) realizado no Estado de Pernambuco. Com base nesse trabalho, as tipologias de caatinga SE -3 (arbustiva-arbórea) e SE-4 (arbórea) possuem respectivamente 181,12 st/ha e 287,73 st/ha de estoque de lenha. Desta forma, considerando a área coberta por caatinga densa no Estado de Alagoas, estima-se um estoque de lenha da ordem de 22,5 a 35,7 milhões de estéreis. No entanto, é importante salientar, que em função das características de solo e relevo das áreas ocupadas com esta vegetação, a sua remoção promoverá a exposição do solo e a aceleração da erosão, podendo, em casos extremos, levar à desertificação.

#### 3.1.4. Unidade de conservação de proteção integral

- Reserva Biológica de Pedra Talhada (Unidade Federal): localiza-se nos municípios de Quebrangulo (AL) e Lagoa do Ouro (PE), ocupando uma área total de 4.469 ha (sendo 3.757 ha em Alagoas). Tem como objetivo proteger amostras do ecossistema da Mata Atlântica, destinada a preservar a diversidade biológica em seu estado natural para estudos científicos e educativos.
- Estação Ecológica de Murici (Unidade Federal): ocupa uma área de 6.116 ha nos municípios de Murici e Messias. Considerada como a mais importante área de Mata Atlântica ao norte do Rio São Francisco. Tem como objetivo preservar as áreas de remanescentes de Mata Atlântica do Nordeste.
- Parque Municipal de Maceió (Unidade Municipal) e Área de Preservação Permanente (APP) do Ibama (Unidade Federal): o Parque Municipal de Maceió possui uma área de 82 ha de mata contínua com a Área de Preservação Permanente do Ibama (55 ha), totalizando 137 ha. Áreas destinadas ao lazer da população, no entanto, necessitam de instalação de infra-estrutura, de estudos e de propagação de espécies da Mata Atlântica.

#### 3.1.5. Unidade de conservação de uso sustentável

- Área de Proteção Ambiental de Murici (Unidade Estadual): ocupa 116.100 ha e está localizada nos municípios de Messias, Murici, Branquinha, União dos Palmares, São José da Lage, Ibataguara, Joaquim Gomes Colônia Leopoldina, Novo Lino e Flexeiras. Considerada a área de maior remanescente de Mata Atlântica ao norte do Rio São Francisco, com a presença de diversas espécies endêmicas em elevado grau de ameaça de extinção. Essa unidade funciona como zona de amortecimento para a Estação Ecológica de Murici, de jurisdição Federal.
- Área de Proteção Ambiental do Pratagy (Unidade Estadual): ocupa 13.369 ha e está localizada nos municípios de Maceió, Messias e Rio Largo, ao longo da bacia do Rio Pratagy. A APA do Pratagy foi criada com o objetivo de assegurar a preservação do manancial hídrico que abastece a cidade de Maceió. À jusante da captação e na periferia da capital, o Rio Pratagy começa a sofrer um intenso processo de degradação em função da proximidade de favelas existentes. O Instituto do Meio Ambiente – IMA, do Estado de Alagoas, vem desenvolvendo um trabalho de monitoramento do rio, visando minimizar esta situação.
- Área de Proteção Ambiental do Catolé e Fernão Dias (Unidade Estadual): ocupa 5.415 ha e está inserida nos municípios de Maceió e Satuba. Foi criada com o objetivo de preservar o manancial do Rio Catolé, um dos contribuintes para o abastecimento de água para Maceió e riacho da Aviação.



No seu interior está instalada a sede do Batalhão de Polícia Ambiental, o que reduz a possibilidade de atividades degradadoras do ambiente.

- Área de Proteção Ambiental Municipal do Poxim (Unidade Municipal): ocupa 400 ha e localiza-se no município de Coruripe. Tem como objetivos proteger e disciplinar o uso do solo na área da foz do Poxim. Atualmente, essa unidade preserva uma faixa de manguezal, adjacente a uma área remanescente de Mata Atlântica das Usinas Coruripe e Guaxuma, formando o grande complexo do sul do Estado. Apresenta excepcional beleza cênica, tornando a área vulnerável à especulação imobiliária.

- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Fazenda Vera Cruz: localiza-se no município de Chã Preta, ocupa 115 ha e seu proprietário é o Sr. Mauro T. Vasconcelos. Foi a primeira reserva particular reconhecida pelo Ibama (25/07/1992) no Estado de Alagoas. É uma considerável amostragem de Mata Atlântica remanescente.

- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Fazenda Rosa do Sol: localiza-se no município de Barra de São Miguel (borda do Tabuleiro Costeiro de Alagoas), ocupa 15 ha e seu proprietário é o Sr. Alfredo Durval Villela Cortez. Apresenta áreas de Mata Atlântica e de manguezal, proporcionando uma bela visão da Lagoa do Roteiro.

- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Fazenda São Pedro: localiza-se no município de Pilar, ocupa 50 ha e seu proprietário é o Sr. Francisco José Quintella. Explora de maneira sustentável um programa de ecoturismo, composto de visita às áreas produtivas da propriedade onde se podem conhecer os processos de beneficiamento de frutas e hortaliças, produzidas de maneira orgânica e percorrer trilhas que cruzam a Reserva.

- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Lula Lobo I: localiza-se no município de Coruripe, ocupa 68,6 ha e seu proprietário é a S/A Usina Coruripe Açúcar e Alcool. A RPPN tem como objetivos: (a) coleta de sementes para formação de mudas, usadas para recuperação de áreas degradadas da Usina; (b) programas de educação ambiental (visitas programadas); e, (c) pesquisa científica. É também um Posto Avançado da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e integrante do Sítio do Pau-Brasil.

- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Fazenda Francisco Pereira: localiza-se no município de Coruripe, ocupa 290 ha e seu proprietário é a S/A Usina Coruripe Açúcar e Álcool. A RPPN tem como objetivos: (a) coleta de sementes para formação de mudas, usadas para recuperação de áreas degradadas da Usina; (b) programas de educação ambiental (visitas programadas); e, (c) pesquisa científica. É também um Posto Avançado da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e integrante do Sítio do Pau-Brasil.

- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Fazenda Santa Teresa: localiza-se no município de Atalaia, ocupa 100 ha e seu proprietário é o Sr. João José Pereira Lyra (Grupo João Lyra). A RPPN tem como objetivos: (a) coleta de sementes para formação de mudas, usadas para recuperação de áreas degradadas da Usina; e, (b) pesquisa científica. É também um criatório conservacionista e fiel depositário do Ibama. Por ser um Posto Avançado da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, a área pode ser visitada objetivando Educação Ambiental (visitas programadas com o setor de meio ambiente da Usina).

- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Reserva do Gulandim: localiza-se no município de Teotônio Vilela, ocupa 41 ha e seus proprietários são as Usinas Reunidas Seresta S/A. A RPPN apresenta amostragem de Mata Atlântica em diversos estágios e oferece condições para o desenvolvimento do Programa Municipal de Educação Ambiental patrocinado pela Usina em parceria com a Prefeitura Municipal.

### 3.2. Campestre

#### 3.2.1 Caatinga semi-densa e aberta

As áreas com caatinga semi-densa e aberta correspondem a cerca de 13 % da área do Estado de Alagoas, ou seja, aproximadamente 356.900 ha. Grande parte das áreas de caatinga semi-densa e aberta são utilizadas para o pastoreio e constituem áreas de regeneração submetidas, normalmente, ao sobrepastejo. Segundo Araújo Filho & Carvalho (1997), com base na sucessão secundária as áreas desmatadas para agricultura deveriam ser submetidas ao pousio por um período mínimo de 40 anos. No entanto a pressão demográfica tem reduzido este período para menos de 10 anos (Araújo Filho & Carvalho, 1997) fazendo com que a caatinga não recupere a sua condição original.

#### 3.2.2 Restinga

As áreas de restingas ocupam 10.096 há e estão localizadas em partes dos seguintes municípios: Piaçabuçu, Feliz Deserto, Japaratinga e Maragogi, sendo que 90% dessa área localizada no município de Piaçabuçu.

### 3.2.3 Unidade de conservação de proteção integral

- Estação Ecológica da Praia do Peba (Unidade Federal): ocupa 280 ha na foz do Rio São Francisco. Está inserida na abrangência da Área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu e tem como objetivos a preservação da biota existente dentro dos seus limites e a realização de pesquisas científicas, sendo de posse e domínio públicos.

### 3.2.4 Unidade de conservação de uso sustentável

- Área de Proteção Ambiental de Marituba do Peixe (Unidade Estadual): ocupa 8.600 ha na várzea de Marituba, conhecida como Pantanal Alagoano em função das enchentes anuais provocadas pelos rios Piauí, Perucaba e Marituba. Foi criada com o objetivo de preservar as características ambientais e naturais para garantir a produtividade pesqueira e a diversidade da fauna e da flora, assim como assegurar o equilíbrio ambiental e socioeconômico da região. Está situada na bacia do Rio São Francisco compreendendo parte dos municípios de Penedo, Piaçabuçu e Feliz Deserto, abrangendo todas as várzeas, cordões arenosos e demais ambientes.

- Área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu (Unidade Federal): localiza-se no município de Piaçabuçu e ocupa uma área de 8.600 ha. Foi criada com o objetivo de proteger os quelônios marinhos, as aves praieiras e a fixação de dunas. É destinada a compatibilizar a atividade humana com a preservação da vida silvestre e a proteção dos recursos naturais.

- Reserva Ecológica do Saco da Pedra (Unidade Estadual): localiza-se no município de Marechal Deodoro e ocupa uma área de 5 ha. Trata-se da menor Unidade de Conservação do Estado, no entanto, é de grande importância, pois tem a finalidade de preservar a integridade de espécies migratórias que fazem pouso nesta reserva. A área é uma estreita faixa de terra (mangue e restinga), encravada entre o mar e a Lagoa do Mundaú, muito visitada por turistas em função de sua beleza cênica.

## 4. Água

As unidades de mapeamento da classe “água” (rios, lagoas, açudes), provenientes de dados secundários, são apresentadas na legenda das folhas 1:100.000 (Anexos 1 a 19), no entanto, não são discutidas neste relatório. São comentadas apenas as informações relacionadas com as unidades de conservação (proteção integral ou de uso sustentável).



#### 4.1. Corpos d'água continentais

##### 4.1.1. Unidade de conservação de uso sustentável

- Reserva Ecológica da Lagoa do Roteiro (Unidade Estadual): ocupa 742 ha e localiza-se nos municípios de Roteiro e de Barra de São Miguel. A principal atividade desenvolvida no local é a pesca artesanal que terá que ser disciplinada, de modo a assegurar a funcionalidade da Reserva.

- Reserva Extrativista Marinha da Lagoa do Jequiá (Unidade Federal): ocupa 10.203 ha, sendo parte em terras de manguezais no rio e lagoa do Jequiá e parte em águas territoriais. Localiza-se no município de Jequiá da Praia. Foi criada objetivando assegurar o uso sustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis, mantendo o potencial pesqueiro e protegendo os meios de vida e a cultura da população extrativista local.

- Área de Proteção Ambiental de Santa Rita (Unidade Estadual): ocupa 10.230 ha e localiza-se nos municípios de Maceió, Marechal Deodoro e Coqueiro Seco. Foi criada com o objetivo de preservar as características ambientais e naturais das regiões dos canais e Lagoas Mundaú e Manguaba, ordenando a ocupação e o uso do solo. Devido a sua beleza cênica e sua proximidade com a capital, as regiões da Barra Nova e Massagueira são as mais antropizadas e agredidas de todas as Unidades de Conservação do Estado.

#### 4.2. Corpos d'água costeiros

##### 4.2.1. Unidade de conservação de proteção integral

- Parque Municipal Marinho de Paripueira (Unidade Municipal): ocupa 3.200 ha, totalmente em ambiente marinho. Esta Unidade foi criada por interferência do IMA/AL e do Projeto Peixe-boi. Tem como objetivo a proteção do mamífero, bem como, dos ambientes (recifes) onde ele habita. O Conselho Estadual de Preservação Ambiental editou uma Resolução que disciplina o uso de embarcações motorizadas na área e cria os corredores de navegação para os barcos de pesca e a área destinada aos esportes náuticos.

##### 4.2.2. Unidade de conservação de uso sustentável

- Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (Unidade Federal): ocupa 413.563 ha. É a maior Unidade de Conservação do Estado de Alagoas e a maior unidade federal marinha do País. Abrange o Litoral Norte de Alagoas (Maceió, Paripueira, Barra de Santo Antônio, São Luiz de Quitunde, Passo de Camaragibe, São Miguel dos Milagres, Porto de Pedras, Japaratinga e Maragogi) e mais quatro municípios do Litoral Sul de Pernambuco (São José da Coroa Grande, Barreiras, Tamandaré e Rio Formoso). Foi criada com a finalidade de ordenar o uso do solo da região, o ecoturismo, o

turismo cultural e científico, garantir a preservação da faixa coralígena (segunda maior do planeta) e assegurar a sobrevivência do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*).

#### Bibliografia

ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. Desenvolvimento sustentado da caatinga. Sobral, EMBRAPA-CNPC, 1997. 19p. (Circular Técnica, 13).

ANDERSON, J. R. et al. Sistemas de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos. Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 78p. (Série Paulo de Assis Ribeiro, n. 9).

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (BNB). Perfil dos Estados do Nordeste; Disponível em: [http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/Investir\\_no\\_Nordeste/Perfil\\_dos\\_Estados/gerados/al\\_apresentacao.asp](http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/Investir_no_Nordeste/Perfil_dos_Estados/gerados/al_apresentacao.asp) . Acesso em 20 Mar. 2007.

BIE, C. A. J. M. de; LEEUWEN, J. A. van; ZUIDEMA, P. A. The land use database; a knowledge-based software program for structured storage and retrieval of user-defined land use data sets: user's reference manual. Version 1.04 for MS-DOS. [S.I.]: ITC: FAO: UNEP: WAU, 1996. Disponível em: <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/Luse/Manual/glossary.pdf>. Acesso em 20 ago. 2007.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Estabelecimento de parâmetros, definições e limites diferentes às Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da União, Brasília – DF, 13 maio 2002, nº. 90, Seção 1. 2002.

CALHEIROS, M. E. V. Ocorrências minerais do Estado de Alagoas. Empresa de Recursos Naturais do Estado de Alagoas – EDRN, 1987. 186p.

CBERS FAQs. <http://www.dgi.inpe.br/html/faq/faq.html#23>. Consultado em 06/2007.

CINTRON, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Introduccion a la ecologia del manglar. Montevideo. UNESCO ROSTLAC, 1983. 100p.

CORREIA M. D.(Coord.). Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Estado de Alagoas. Maceió, UFAL, 2003. Disponível em: < <http://www.ufal.br/zeecal/index.htm> >. Acesso em 10 set. 2007.

COSTA, T. C. C. da; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. B. Phytomass mapping of the “Seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation índices. Scientia Agricola, 59:707-715, 2002.

EMPRESA DE RECURSOS NATURAIS DO ESTADO DE ALAGOAS (EDRN-AL). Ocorrências minerais do Estado de Alagoas. Maceió, EDRN-AL. 1987. 186p. Executor: Mário Eugênio V. Calheiros. Ou CALHEIROS, M. V. Ocorrências minerais do Estado de Alagoas, 1987. (CONSULTADO NA BIBLIOTECA DA CPRM)

EHLERS, E. Agricultura Sustentável: **Origens e Perspectivas de Um Novo Paradigma**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157p.

FERREIRA NETO, J. V.; SANTOS, R. J. Q. dos; WANDERLEY, P. R. B.; WANDERLEY, P. R. de M.; CAVALCANTE, A. T. Vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do Tabuleiro do Martins – Maceió – Alagoas – BR. Rev. Águas Subterrâneas, 16, maio, 2002. p. 47-59.

IBAMA. **Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte**. Natal: IBAMA, 1992a. v.1 (Projeto PNUD/FAO/IBAMA).

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Rio de Janeiro,RJ). Manual técnico de uso da terra.2.ed. Rio de Janeiro,2006.n.p.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; PESSÔA, P. S. C.; SILVEIRA, C. O. da. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Recife: SUDENE-DRR; Rio de Janeiro; EMBRAPA-CPP, 1975. 532p. (EMBRAPA – Centro de Pesquisas Pedológicas. Boletim Técnico, 35; SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 5).

JANSEN, J. R. Introductory digital image processing a remote sensing perspective. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1996. 379p.

MELO, M. R. C. S de. Uso das equações volumétricas na estimativa do potencial madeireiro do mangue de Vila Velha – Itamaracá – Pernambuco. UFRPE, Tese mestrado em botânica. 1991. 57p.

MENEZES, A. F. de; CAVALCANTE, A. T; AUTO, P.C.C. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica do Estado de Alagoas**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2004. 56p. Disponível em: [www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno\\_29.pdf](http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_29.pdf). Acesso em 25 set. 2007.

OLIVEIRA, M. A. D. de. Crescimento e estagnação do cooperativismo agrícola na região fumageira de Arapiraca, Alagoas. UFAL, Tese de mestrado, 2005. 215p

PEIXOTO, M. J. C. Recursos hídricos do Estado de Alagoas e perspectivas de sua utilização na irrigação. IAA, Planalsucar. Anais do II Simpósio de Avaliação da Agroindústria da cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, p. 39-43. 1985.

RESENDE, M.; REZENDE, S.B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. Belo Horizonte, Informe Agropecuário, 9:3-25. 1983.

SÁ, M. J. A. G. et al. Avaliação do Estoque Lenhoso do Sertão e Agreste Pernambucano. Projeto PNUD/FAO/BRA/87/007/Governo de Pernambuco. Documento de Campo nº 16. Recife-PE, 1998, 76p.

SAMPAIO, E. V. B. Uso das plantas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Eds.). Vegetação e Flora da Caatinga. Associação Plantas do Nordeste (APNE), Recife, 2002. p.49-90.

SANTIAGO, A. D.; LEITE, L. A. de S.; ALENCAR, A. A. de.; LIMA, C. L. C. de.; IVO, W. M. P. de M.; MICHELETTI, S. M. Levantamento exploratório sobre a cadeia produtiva da pinha (*Annona squamosa*) no Estado de Alagoas. In: Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura, Florianópolis, 2004. CD-rom.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DE ALAGOAS (SEPLAN-AL). Evolução Social e Econômica do Estado de Alagoas. Disponível em <http://www.desenvolvimentoeconomico.al.gov.br/files/pdfs/ed/evolucao.pdf>. Acesso em 15/03/2006.

SILVA FILHO,A.R.;TONIOLO,E.R.;GABÍNIO,M.;OLIVEIRA,S.F.S. Mapeamento da cobertura florestal nativa lenhosa do Estado de Pernambuco. Recife: PNUD/FAO/IBAMA/PE.Secretaria de Ciência,Tecnologia e Meio Ambiente,1998.32p.(FAO.Dcumento de Campo,17).

SILVA, G. S. da; BRITO, V. B. de; NASCIMENTO, A. E. do; CAMPOS-TAKAKI, G. M. de. Águas estuarinas e sustentabilidade social local: um estudo da pesca artesanal do camarão-branco (*Litopenaeus schmitti* Custacea, de capoda, penaeidae) no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. Revista de Biologia e Ciências da Terra – Suplemento Especial, Número 1, 40-47, 2º Semestre 2006.

SILVA, J. A.; ACCIOLY, L. J. de O.; SILVA, E. A.; SILVA, A. B.; TABOSA, F. J.; LOPES, H. L.; PACHECO, A. da P. Avaliação das alterações nas áreas de remanescentes de mata Atlântica no município de Jequiá da Praia (AL) entre os anos de 1968 e 2007 e suas relações com o código florestal. In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 2008. Cd rom.

SILVA, W. C. M. da. Produtividade agroindustrial de genótipos RB de cana-de-açúcar da série 1993 em 3 regiões de cultivo do Estado de Alagoas: estratificação de ambiente e análise de adaptabilidade e estabilidade. UFAL, Tese de mestrado, 2004. 90p.

SOUZA, J. E. A. de. Agronegócio da apicultura: estudo da cadeia produtiva do mel em Alagoas. UFAL, Tese de mestrado, 2006. 181p.

TENÓRIO, D. A.; CARVALHO, C. P. de; LIMA, R. C. de A. Usinas e Petróleo. In: TENÓRIO, D. A.; CARVALHO, C. P. de; LIMA, R. C. de A. **Municípios de Alagoas**. Maceió: Instituto Arnon de Mello, 2006. p.240-241.

VELOSO, H. P. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.

VIRGINIO, J. F.; PAREYN, F. G. Situação da cobertura vegetal do Nordeste. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Eds.). Vegetação e Flora da Caatinga. Associação Plantas do Nordeste (APNE), Recife, 2002. p.41-48.